


NGU Rapport 2010.021

ROS Fjellskred i Troms: Status og planer 2010

Rapport nr.: 2010.021		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen	
Tittel: ROS Fjellskred i Troms: Status og planer 2010				
Forfatter: Iain H.C. Henderson, Per Terje Osmundsen & Tim Redfield		Oppdragsgiver: NGU, Fjellskred i Troms, Lyngen Kommune		
Fylke: Troms		Kommune: Lyngen, Kåfjord, Storfjord, Kvænangen, Tromsø, Kvæfjord, Nordreisa		
Kartblad (M=1:250.000)		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000)		
Forekomstens navn og koordinater:		Sidetall: 84	Pris: 700:-	
Feltarbeid utført: August 2009		Rapportdato: 31.03.10	Prosjektnr.: 310000	Ansvarlig: 
<p>Sammendrag:</p> <p>Denne rapporten oppsummerer gjennomført feltarbeid og bearbeidning av data i forbindelse med feltsesongen 2009 på den regional undersøkelsen av store fjellskred i Troms. Dette er en fortsettelse av et arbeid som begynte i 2003 og som siden har blitt årlig fulgt opp. Prosjektet ROS Fjellskred i Troms er et samarbeidsprosjekt mellom NGU og de aktuelle kommuner i Troms. Arbeidet har bestått av regionale undersøkelser og oppfølging av enkelte lokaliteter med GPS-målinger og LIDAR-skanning. 59 lokaliteter ligger i databasen (med del-lokaliteter i alt er det 91) og flere har nylig blitt identifisert fra InSAR analysen. 46 lokaliteter er nå befart. Det er 17 lokaliteter hvor det er eksisterende differensielle GPS punkter. I løpet av feltsesongen 12 av disse lokaliteter ble målt inn på nytt. (Målingene ble utelatt på Ragnhildsurtind, Brosmebakktuva, Skjelltinden, Rein fjellet og Gamanjuni 1). Av de eksisterende GPS-lokalitetene viser kun Nordnesfjellet, Indre Nordnes og Revdalsfjellet utvetydig bevegelse. Det er tegn til en mulig deselerasjon på bevegelse på Nordnesfjellet. Kåfjord viser variasjon i bevegelse og retning fra år til år.</p> <p>12 nye lokaliteter er befart i 2009. Disse er , Revdalsfjellet 2-5, Hengfjellet, Doronelva, Nordmannviktinden, Gamanjuni 2-3, Brustraum og Mellomfjellet 1-2. Av de 12 nye lokalitetene er det satt ut GPS-punkter på Hengfjellet og Revdalsfjellet 2, både i Storfjorden. Vi forventer de første resultatene på Hengfjellet i 2010 og på Revdalsfjellet 2 i 2011. 6 lokaliteter ble skannet med LIDAR. Målingene gjort på Nordnesfjellet bekrefter de tidligere resultater av opp til 6cm bevegelse i den NV del av blokken, men identifisere også bevegelse i den SV del av blokken. Revdalsfjellet 1, Kåfjord Sør, Indre Nordnes, Gavgavvarri og Laksvatnfjellet er også skannet. Evaluering av InSAR-metoden på de nye lokaliteter viser at det er fortsatt godt samsvar mellom bevegelse fra InSAR-data og strukturene kartlagt i felt bortsett fra Brustraum, Doronelva og Nordmannvikkalden. Denne erfaringen bekrefter at bruk av InSAR sammen med tradisjonelle kartleggingsmetoder har et stort potensiale ved kartlegging av skredfarlige områder.</p> <p>Vi presenterer et første forsøk på en regional risikovurdering av de hittil befarte lokaliteter basert på bevegelsesdata, strukturutvikling på fjellsiden og mulig konsekvenser av utglidning. Dette viser at de fleste moderat- og høyrisikosobjekter ligger ente på øst siden av Storfjorden eller Kåfjord. Nordnesfjellet er den eneste høyrisikoobjekt.</p> <p>Detaljert kartlegging ble påbegynt på to lokaliteter i forbindelse med Mastergradsoppgaver til Emil Husby og Elisabeth Rasmussen fr UiT. Disse er Nomedalstinden og Laksvatnfjellet. Hovedfeltsesongen lages til august 2010 og mastergradene regnes ferdig i løpet av 2011.</p>				
Emneord: Fjellskred	Strukturgeologi		Regionale undersøkelser	
Kartlegging	InSAR		GPS	
LIDAR	Geofysikk		risikoklassifisering	

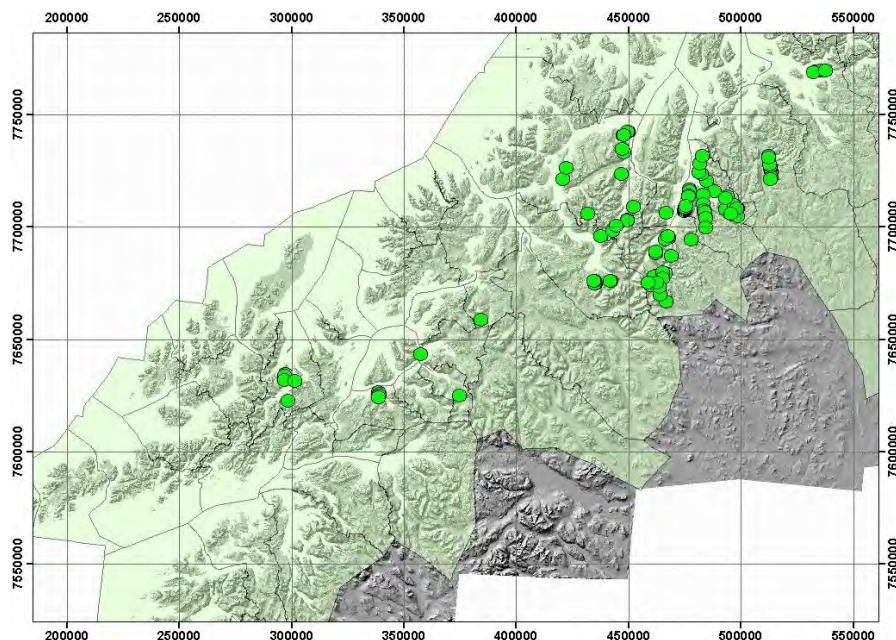
INNHOLD

1. INNLEDNING	5
2. RESULTATER	6
2.1 GPS-målinger ved eksisterende lokaliteter.....	9
2.1.1 Nordnesfjellet	9
2.1.2 Indre Nordnes	14
2.1.3 Kåfjord	16
2.1.4 Revdalsfjellet.....	18
2.1.5 Skjelltinden.....	20
2.1.6 Storsteinen	20
2.1.7 Gamanjunni 1	20
2.1.8 Kråketinden	20
2.1.9 Ruovddasvarri	22
2.1.10 Dusnjarga	23
2.1.11 Dorrisdalen	24
2.1.12 Hompen	25
2.2 Befarte nye lokaliteter	26
2.2.1.1 Revdalsfjellet 2	27
2.2.1.2 Revdalsfjellet 3	30
2.2.1.3 Revdalsfjellet 4	32
2.2.1.4 Revdalsfjellet 5	34
2.2.1.5 Hengfjellet.....	36
2.2.1.6 Doronelva.....	38
2.2.1.7 Nordmannviktinden	40
2.2.1.8 Gamanjunni 2.....	42
2.2.1.9 Gamanjunni 3.....	46
2.2.1.10 Brustraum.....	48

2.2.1.11	Mellomfjellet 1.....	51
2.2.1.12	Mellomfjellet 2.....	54
2.3	Nye lokaliteter hvor det er lagt ut GPS-punkter	57
2.3.1	Revdalsfjellet 2.....	57
2.3.2	Hengfjellet.....	58
2.4	LIDAR-skanning av utvalgte regionale lokaliteter	58
2.4.1	Nordnesfjellet	59
2.4.2	Indre Nordnes	64
2.4.3	Revdalsfjellet 1	66
2.4.4	Kåfjord Sør	68
2.4.5	Laksvatnfjellet.....	70
2.4.6	Gavtavarri.....	70
3.	FORELØPIG RISIKOKLASSIFISERING.....	72
4.	SAMARBEID MED UNIVERSITETET I TROMSØ.....	79
5.	PLANER FOR 2010.....	81
6.	KONKLUSJONER	82
7.	REFERANSELISTE	84

1. INNLEDNING

Prosjektet ROS Fjellskred i Troms er et samarbeidsprosjekt mellom NGU og aktuelle kommuner i Troms (Lyngen, Kåfjord, Storfjord, Kvænangen, Tromsø, Kvæfjord og Nordreisa). Dette er en årlig statusrapport fra prosjektet som gir en kort oversikt over feltarbeidet som er gjennomført i 2009 og beskriver oppfølgingen av de etablerte lokaliteter som har blitt fulgt opp fra 2005-2008. Arbeidet i 2009 har omfattet både regionale undersøkelser og en detaljert oppfølging av Nordnesfjellet og Revdalsfjellet 1 i form av LIDAR-skanning av de utsatte fjellsidene. Det er undersøkt 59 lokaliteter (Figur 1) fra Harstadområdet i sør til Kvænangen i nord. Noen av disse består av dellokaliteter, slik at det er 91 lokaliteter totalt). De fleste av disse er lokaliserte i området fra Tromsø til Kåfjord (Figur 2). Kun et fåtall lokaliteter ligger i sørvest Troms (Figur 3). Årsaken til denne fordelingen av ustabile fjellsider er forklart i Henderson m. fl. (2007) og Osmundsen m.fl. (2009).



Figur 1: Fordeling av potensielle fjellskredlokaliteter i Troms fylke. De fleste er konsentrerte i nordøstlige deler av Troms.

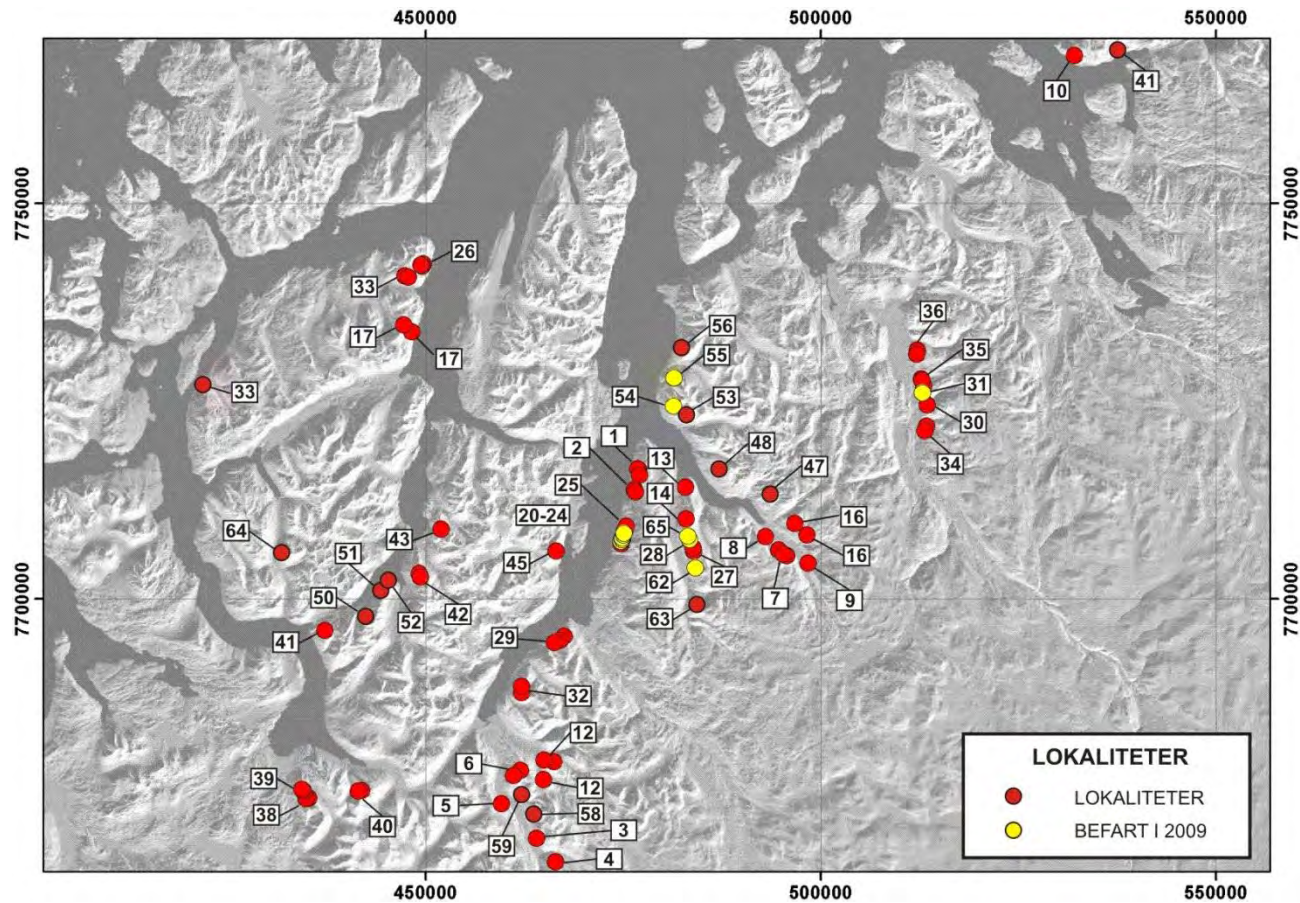
Dette avsnittet gir en oversikt over det regionale kartleggingsarbeidet som er utført i 2009.

1. Deformasjonsmålinger med GPS på de 17 eksisterende lokaliteter som var etablert frem til 2008, inkludert Nordnesfjellet. 12 av disse lokalitetene ble prioriterte for innmåling. 5 lokaliteter ble utelatt og det bør vurderes måling på disse i løpet av 2010 eller 2011.
2. Geologiske undersøkelser av 12 nye lokaliteter og identifisering av lokaliteter hvor det kan tenkes å etablere nye GPS-punkter.
3. Etablering av GPS-punkter på 2 av de nye lokalitetene.
4. LIDAR-skanning på 6 lokaliteter.

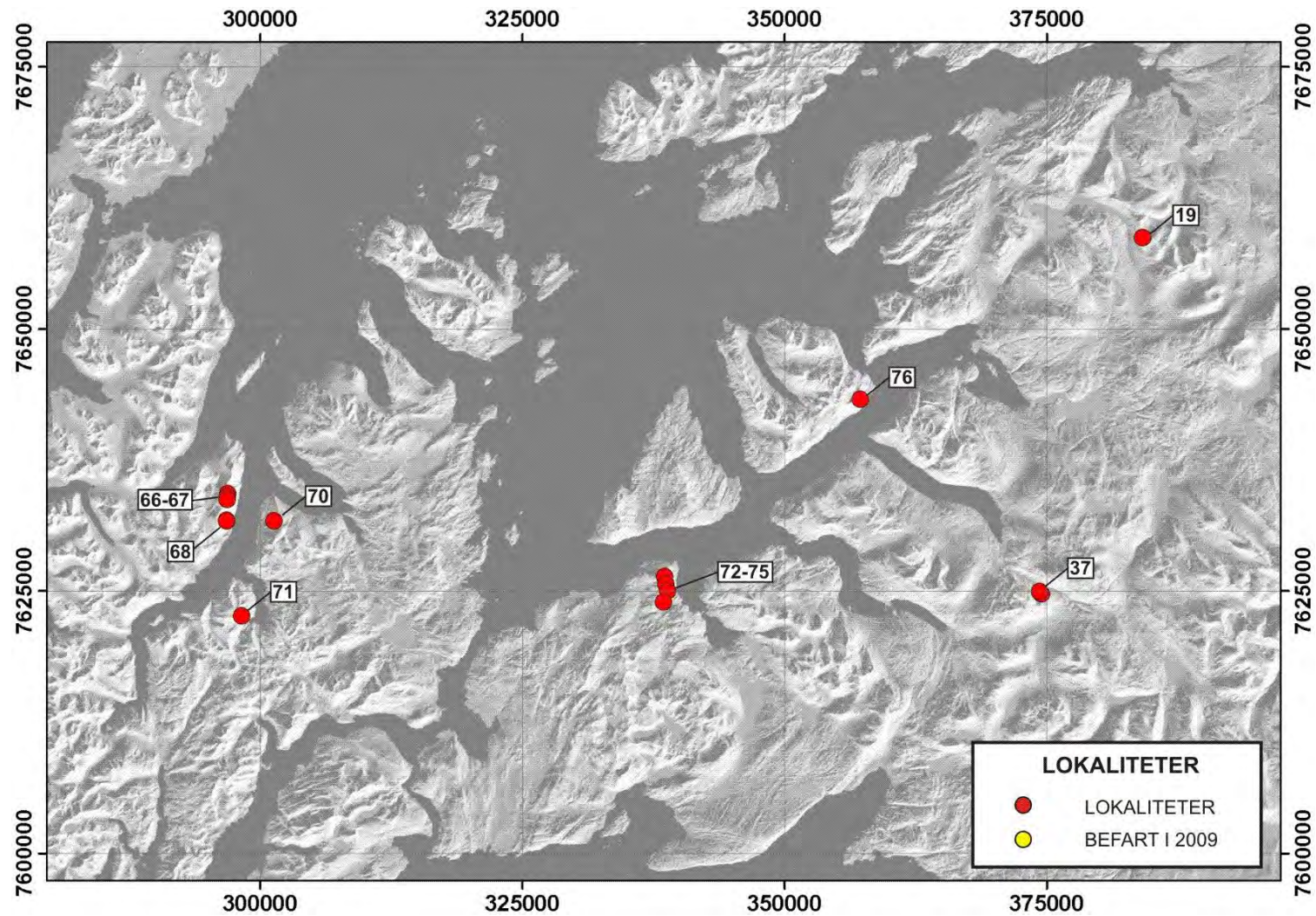
2. RESULTATER

Feltarbeidet fant sted fra 03.08.09 til og med 14.08.09. En felt dag gikk tapt på grunn av dårlig vær. Helikoptertransport ble benyttet til de fleste av de besøkte lokalitetene med Løkvoll i Manddalen som base. Status for feltarbeidet fra 2009 er vist i Figur 4 og Tabell 11. 17 lokaliteter er tidligere målt inn med GPS fram til slutten av 2008 (Eiken, 2008). Alle disse lokalitetene ble målt på nytt i 2009, bortsett fra Reinfjellet, Skjelltinden, Brosmebakktuva og Ragnhildsurtind, som ikke ble målt på grunn av tidsbegrensninger.

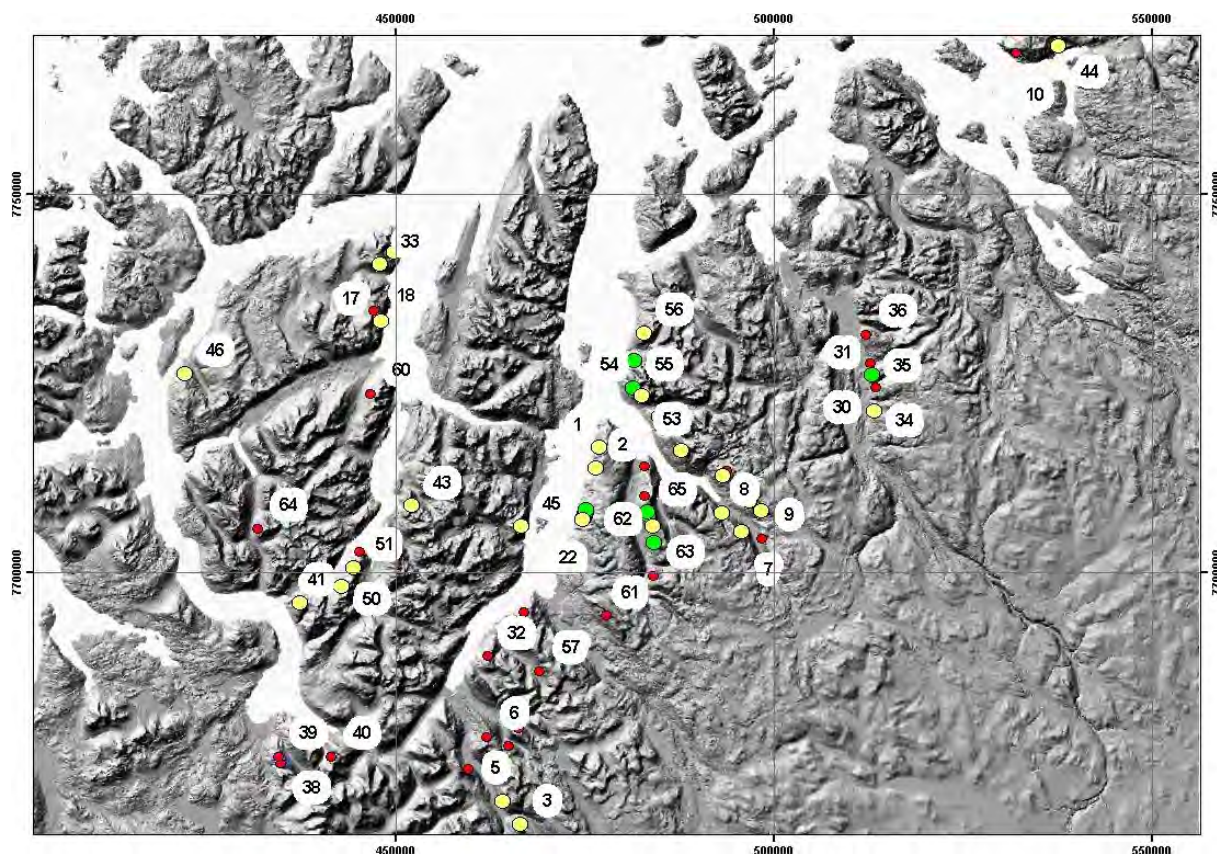
I løpet av 2009 er 12 nye lokaliteter befart. Lokalitetene er vist i grønt i Figur 4. I gult på Figur 4 vises de eksisterende lokaliteter som allerede er befarte.



Figur 2: Lokalitetene i nordøst Troms. 1-Nordnesfjellet, 2-Indre Nordnes, 3-Paras, 4-Hompen, 5-Heimgardsberget, 6-Mannfjellet, 7-Kåfjord Sør, 8-Kåfjord Nord, 9-Skognes, 10-Vassnestind, 11-Måskogaisi, 12-Bogen, 13-Ceallu, 14-Storhaugen, 15-Ruovddasvarri, 16-Kråketinden, 17-Brosmebakktuva, 18-Stortuva, 19-Skredtinden, 20-24 Revdalsfjellet, 25-Hengfjellet, 26-Ragnhildurtind, 27-28 Gamanjunni, 29-Falsnesfjellet, 30-Dorridalen, 31-Mellomfjellet, 32-Horsnesfjellet, 33-Svarthammar, 34-Rajajåkka, 35-Brattfjell, 36-Kjellerkampen, 37-Spanstinden, 38-Kvittinden, 39-Høltinden, 40-Raudtindan, 41-Laksvatnfjellet, 42-Flatsteinfjellet, 43-Skarveknausen, 44-Dusnjarga, 45-Pollfjellet, 46-Storsteinen, 47-Litledalen, 48-Nomedalstinden, 49-Gavtavarri, 50-52 Piggstind, 53-Guilavarri, 54-Doronelva, 55-Nordmannviktinden, 56-Stalugarri, 57-Elsnesdalen, 58-Kortelvskardet B, 59-Kortelvskardet A, 60-Nakkefjellet, 61-Jorbaavarri, 62-Brustraum, 63-Olmmavarri, 64-Smalaktinden, 65-Gamanjunni 3.



Figur 3: Lokaltetene i sørvest Troms. 65- Reintinden, 66- Reinfjellet, 67- Skjelltinden 2, 68- Skjelltinden1, 69- Storåstinden 2, 70- Storåstinden 1, 71- Rundhaugen, 72- Svellen 1, 73- Svellen 2, 74- Svellen 3, 75- Svellen 4.



Figur 4: Høyderelieff over NØ Troms som viser undersøkelsesstatus per 2010. Alle lokaliteter er vist med punkter. Røde prikker er identifiserte lokaliteter som ikke ennå er undersøkt. Gule prikker er lokaliteter som er undersøkt før 2009. Grønne prikker viser nye lokaliteter befart i 2009. Lokalitetsnumrene er like de i Figur 2.

2.1 GPS-målinger ved eksisterende lokaliteter

Av lokalitetene hvor det ble etablert GPS-punkter for å måle bevegelse fra 2003-2008 ble Nordnesfjellet, Indre Nordnes, Kåfjord (Nord, Sør og Midt), Revdalsfjellet 1, Gavgavvarri, Storsteinen og Skjelltinden målt inn igjen på nytt i 2008. Dette gir en måleserie på 5 år ved Nordnesfjellet, Indre Nordnes og deler av Kåfjord, 3 års måleserie på Revdalsfjellet og Storsteinen og 2 års måleserie på Skjelltinden. En komplett beskrivelse av metodene og resultatene gis i Eiken (2009). Resultatene er gjengitt i korthet nedenfor.

2.1.1 Nordnesfjellet

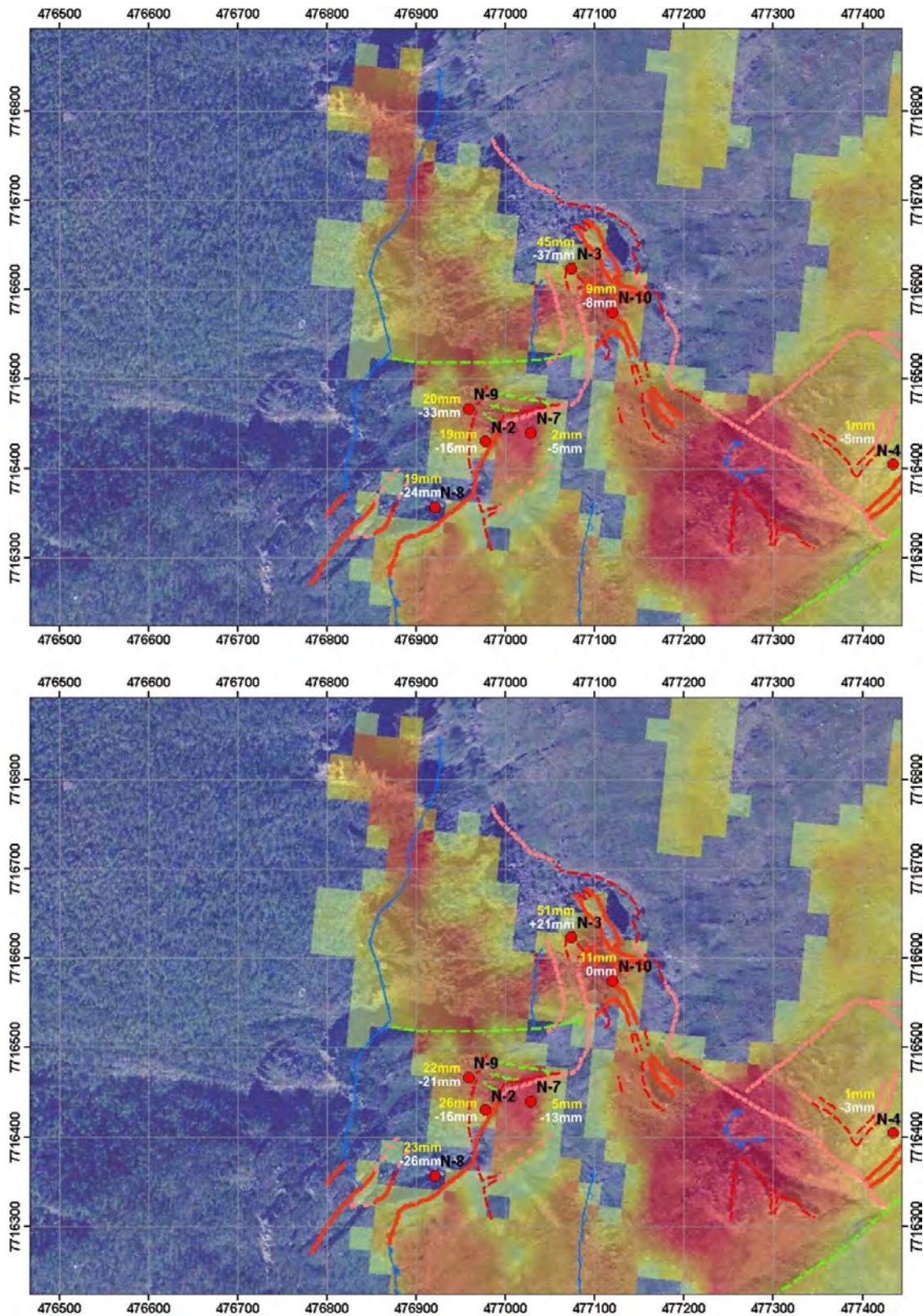
Måleresultatene for Nordnesfjellet er vist i Figur 5 og Figur 6. Både hastighet og retning på bevegelsene i fjellet er relativt konsistente siden målingene startet. Resultatene i 2009 samsvarer hovedsakelig med det som er funnet i tidligere år. Figur 7 viser grafisk bevegelse fra år til år for de ulike punkter.

Punkt N-3 har klart størst bevegelse, og den årlige bevegelse er noe større for de tre siste årene enn for de foregående årene. Målingene i N-3 er imidlertid mer usikre de siste årene fordi målepunktet delvis ble ødelagt ved etablering av en permanent søyle like ved bolten i 2008. Spesielt er resultatet fra 2007 usikkert, og hastigheten kan være kunstig høy på grunn av dårlige måleforhold i punktet.

Punkt N-2 og N-8, N-9, som er sett ut nedenfor N-2, viser nesten identisk bevegelse, og bevegelsen i punktene har økt fra omtrent 15 mm/år i 2006 til ca 25 mm/år i 2007-08, men er litt lavere i 2008-09. Resultatene indikerer mindre bevegelse det siste året.

Punktet N-10 er plassert bak sprekker ved punkt N-3. Punktet har vesentlig mindre bevegelse (ca 10 mm/år) enn i N-3 og indikerer at mye av bevegelsen i N-3 er avgrenset til det kraftige sprekkområdet like bak N-3.

Punktene N-1, N-4, N-5 og N-7 har vesentlig mindre bevegelse enn de andre punktene. Analysene indikerer at og disse punktene er i bevegelse både horisontalt og vertikalt, men bevegelsene er små og er signifikante bare ved å se målinger over flere år sammen. Bevegelsene over mange år er likevel så entydige at en må gå ut fra at det er små bevegelser også i disse punktene. Figur 7 viser bevegelsene grafisk fra år til år for de ulike punktene, og det kan deles i to grupper ut fra årlig horisontal bevegelse. Dataene i Figur 7 vises også i Tabell 1 (horisontal), Tabell 2 (vertikal) og Tabell 3 (retning). Dette viser at det har vært en akselerasjon av bevegelsen i samtlige punkter frem til 2008 og en liten deselerasjon fra 2008 til 2009.



Figur 5: A: Bevegelse på samtlige GPS punkter på Nordnesfjellet mellom 2008-2009. B: Bevegelse fra 2007 til 2008 er også vist for å kunne sammenligne resultatene. Horisontal bevegelse i gul tekst. Vertikal bevegelse i hvit tekst. Rød og rosa linjer er sprekker, grønne linjer er sidelengs forkastninger og blå linjer er antatt glideplan.

	UTM E	UTM N	2003-04	2004-05	2005-06	2006-07	2007-08	2008-09
N-1	476920	7716172	0.001	0.000	0.002	0.004	0.003	0.001
N-2	476978	7716430	0.010	0.012	0.014	0.019	0.026	0.019
N-3	477074	7716624	0.036	0.033	0.037	0.058	0.051	0.045
N-4	477434	7716404	0.001	0.002	0.005	0.002	0.001	0.001
N-5	477089	7715713	0.002	0.002	0.002	0.003	0.005	0.002
N-7	477029	7716439			0.003	0.001	0.005	0.002
N-8	476921	7716356			0.011	0.021	0.023	0.019
N-9	476959	7716466			0.016	0.019	0.022	0.020
N-10	477120	7716574			0.007	0.011	0.011	0.009

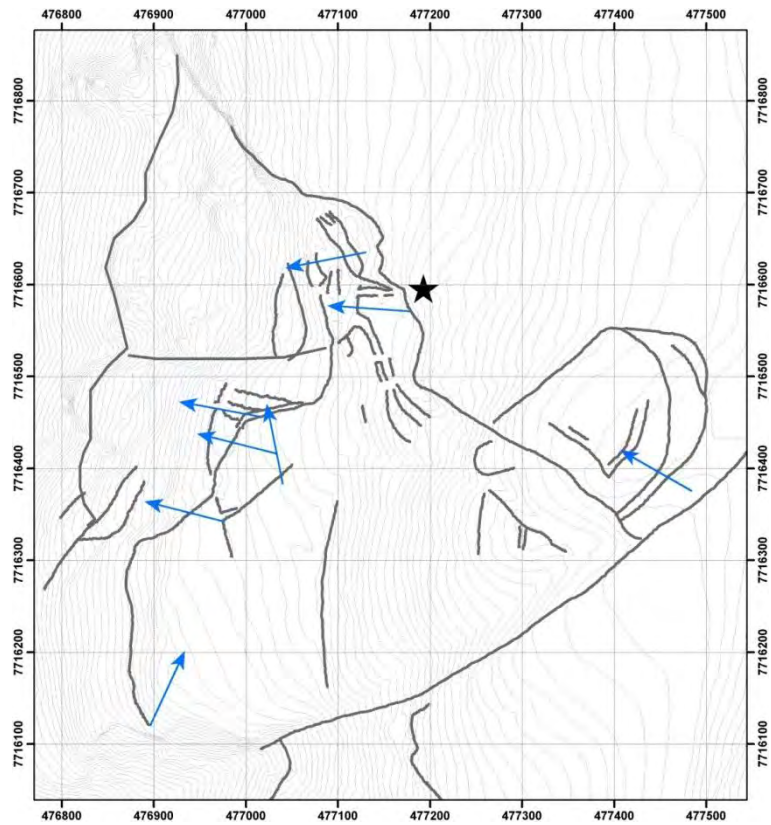
Tabell 1: GPS-data for Nordnesfjellet som viser horisontal bevegelse fra år til år på samtlige punkter. I alle GPS tabeller som fremvises i denne rapporten er målenheter i meter.

	UTM E	UTM N	2003-04	2004-05	2005-06	2006-07	2007-08	2008-09
N-1	476920	7716172	-0.013	0.004	0.001	-0.004	-0.001	0.001
N-2	476978	7716430	-0.018	-0.001	-0.013	-0.020	-0.016	-0.015
N-3	477074	7716624	-0.025	-0.006	-0.012	-0.053	0.021	-0.037
N-4	477434	7716404	-0.001	0.001	-0.008	0.003	-0.003	-0.005
N-5	477089	7715713	-0.001	0.001	-0.011	-0.003	-0.002	0.001
N-7	477029	7716439			-0.002	0.004	-0.013	-0.005
N-8	476921	7716356			-0.022	-0.017	-0.026	-0.024
N-9	476959	7716466			-0.014	-0.027	-0.021	-0.033
N-10	477120	7716574			-0.005	-0.009	0.000	-0.008

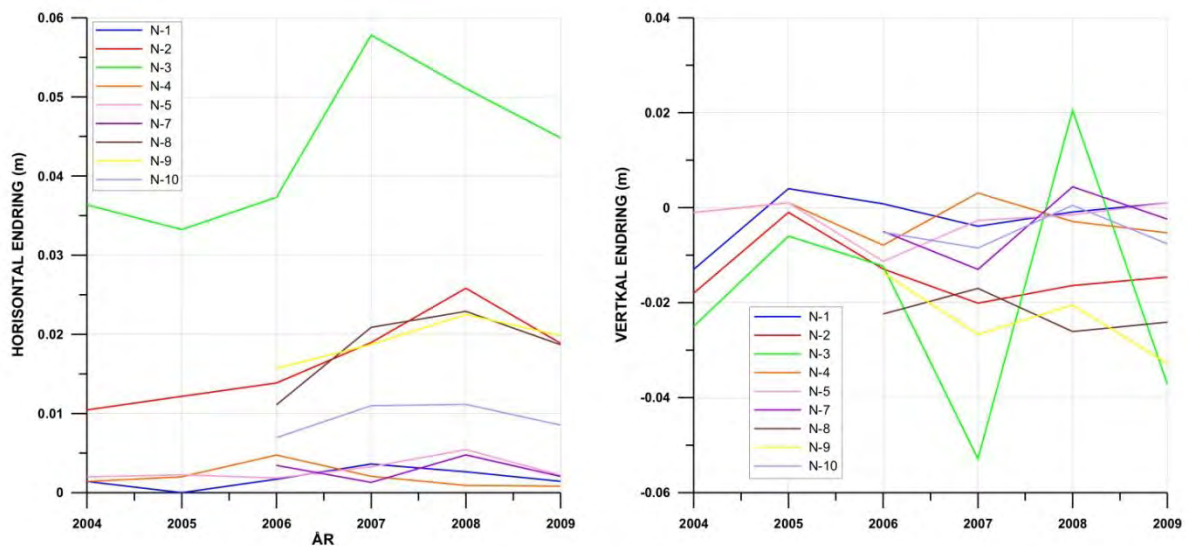
Tabell 2: GPS-data for Nordnesfjellet som viser vertikal bevegelse på samtlige punkter.

	UTM E	UTM N	2003-04	2004-05	2005-06	2006-07	2007-08	2008-09
N-1	476920	7716172	315	0	62	228	7	25
N-2	476978	7716430	287	279	283	286	283	284
N-3	477074	7716624	262	254	264	289	228	259
N-4	477434	7716404	225	270	295	203	0	300
N-5	477089	7715713		333	241	223	347	120
N-7	477029	7716439			306	4	321	349
N-8	476921	7716356			308	277	295	284
N-9	476959	7716466			295	286	282	280
N-10	477120	7716574			276	260	275	274

Tabell 3: GPS-data for Nordnesfjellet som viser endring i retning av bevegelse på samtlige punkter.



Figur 6: Retning av bevegelse fra samtlige GPS-punkter på Nordnesfjellet.



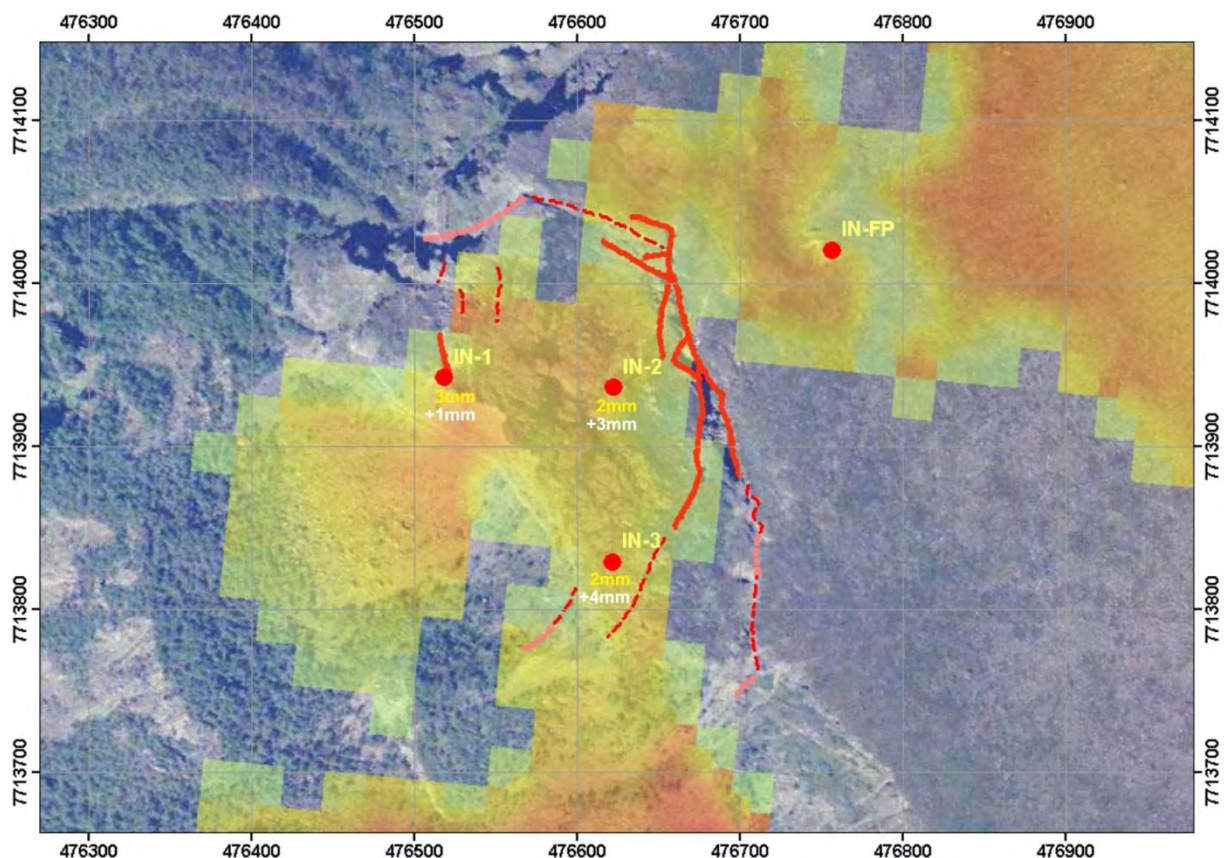
Figur 7: Diagram som viser horisontal og vertikal bevegelse i alle GPS-punkter på Nordnesfjellet siden 2003. Det har vært en akselerasjon i horisontal bevegelse de siste årene og en deselerasjon i 2009. Vertikal bevegelsen ser ut til å være mer varierende fra år til år.

Oppsummert viser måledataene fra GPS punktene at bevegelsen på Nordnesfjellet er størst i punkt N-3 og mindre for N-2 og punktene omkring dette (N-8 og N-9). Bevegelsene ser ut til å ha minsket litt det siste året etter et maksimum i 2008. Det meste av bevegelsen i område ser ut til å være avgrenset av sprekker like bak punkt N-2 og N-3.

2.1.2 Indre Nordnes

Figur 8 og Tabell 4 viser resultatene fra GPS målinger på Indre Nordnes i perioden 2008-2009. Bevegelsene i fjellet på Indre-Nordnes er små, men over hele perioden fra 2003 er horisontal bevegelsene fra punkt IN-1 og IN-2 signifikante. Derimot er de vertikale resultatene ikke entydige. Det er signifikant høydeendring i noen av punktene, men ikke alle. Derfor er de vertikale bevegelsene totalt sett usikre. For Punkt IN-3, etablert i 2005 er det så vidt signifikant bevegelse, men punktet viser en trend i bevegelse som indikerer at også dette punktet beveger seg, men sannsynligvis mindre enn punkt IN-1. Bevegelsesretningen viser en konsekvent 330°N i samtlige punkter(Figur 9). Det er en 50° endring fra dataene i 2007-2008 og stemmer ikke med sprekke retningene. Dette kan bety at dataene fra kun et år med målinger er lite å stole på.

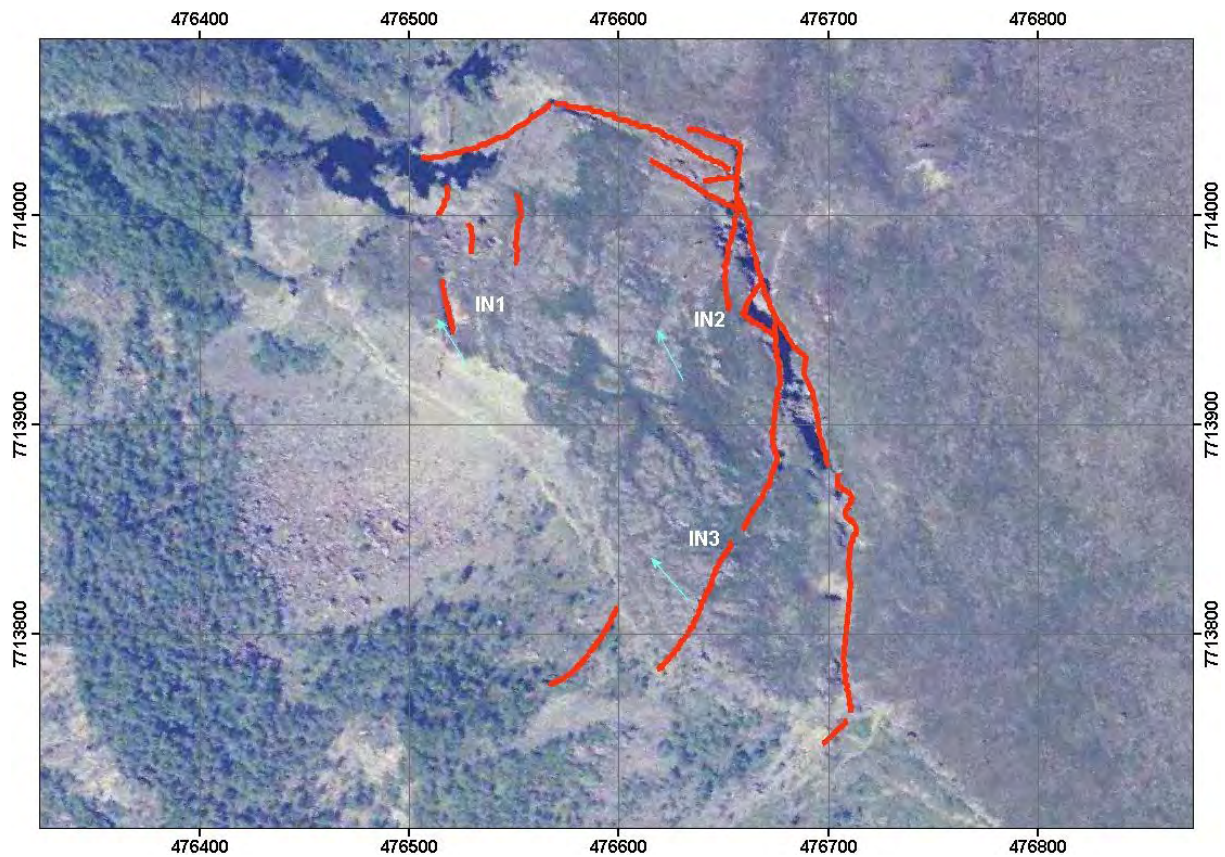
For å oppsummere er punktene på Indre Nordnes i bevegelse, med størst hastighet i IN-1 med ca. 3 mm/år, for IN-2 er endringen ca. 2mm/år og i IN-3 mindre enn 2mm/år.



Figur 8: GPS-resultater for Indre Nordnes for perioden 2008-2009. Horisontal bevegelse i gul tekst. Vertikal bevegelse i hvit tekst.

	år	horisontal	vertikal	retning
IN-1	2004	0.0121655	-0.008	261
	2005	0.004	-0.006	90
	2006	0.002	0.003	180
	2007	0.0071197	-0.0024	241
	2008	0.0016125	-0.0018	263
	2009	0.0033287	0.0009	327
IN-2	2004	0.005099	-0.004	259
	2005	0.003	-0.005	180
	2006	0.0014142	-0.001	135
	2007	0.0055606	-0.001	232
	2008	0.0022804	-0.0072	218
	2009	0.0023707	0.0033	332
IN-3	2006	0.001	-0.004	90
	2007	0.0058694	0.0023	226
	2008	0.0016125	-0.0101	240
	2009	0.003189	0.004	319

Tabell 4: GPS-data for Indre Nordnes som viser hastighet (i mm) og retning på bevegelsene i samtlige punkter fra år til år.



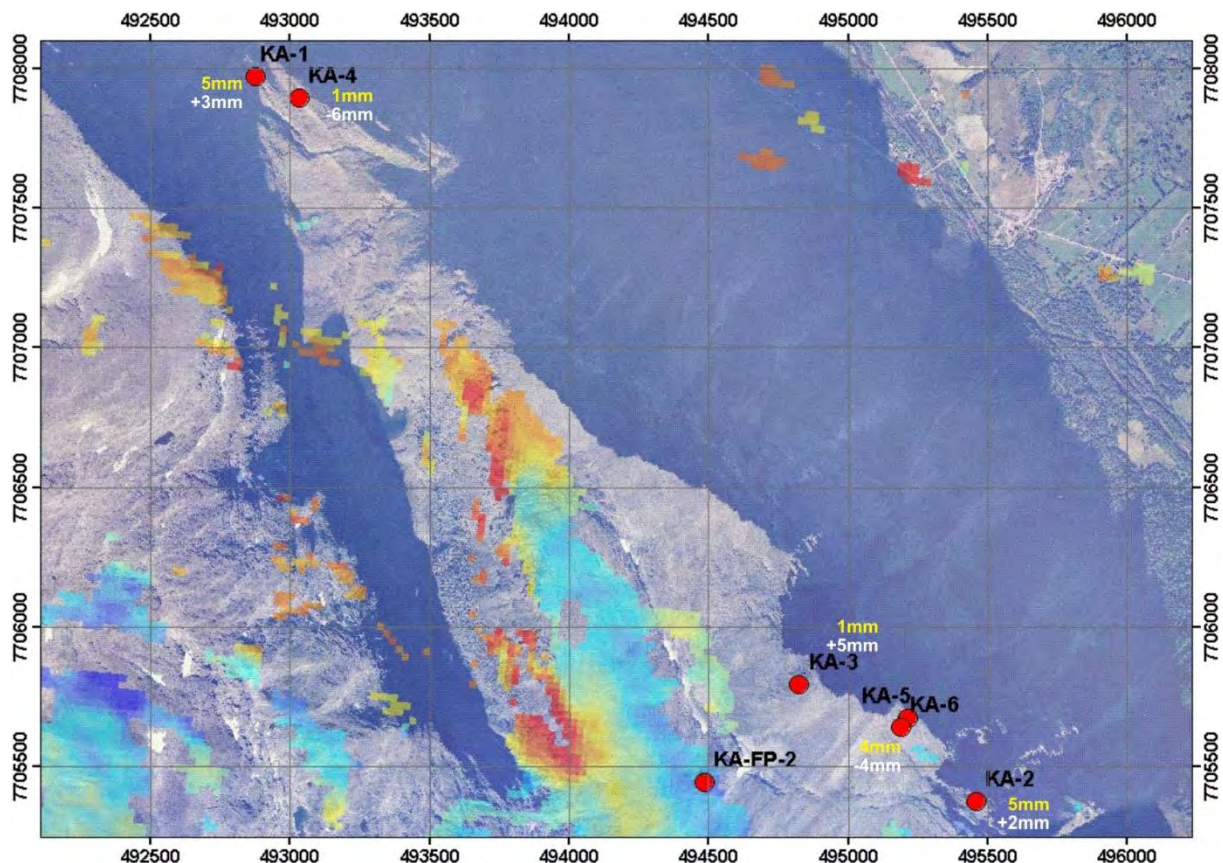
Figur 9: GPS-data for Indre Nordnes som viser retning av bevegelse fra 2008-2009.

2.1.3 Kåfjord

Resultatene for Kåfjord for 2008-2009 (Figur 10 og 11 og Tabell 5) er lite entydige, med unntak for punkt KA-2 som viser horisontal bevegelse på eller like over grensen for signifikans. For høyde er endringene i alle punktene mer sprikende. Årsak til dette er sannsynligvis relativt store høydeforskjeller mellom punktene kombinert med lange vektorer (særlig til KA-1 og KA-4). Ulike meteorologiske omstendigheter påvirker resultatene mer ved store høydeforskjeller, og sammen med lange avstander og dårlig tilknytning til fastpunktet er det sannsynlig årsak til mer variable resultat i Kåfjord enn i de andre områder.

Figur 11 viser retningsdata for bevegelsen i samtlige punkter. Dette viser et veldig kaotisk bevegelsesmønster og tyder på at dataene er tvetydig og derfor usikre. Det er kun de punktene på Kåfjord Nord (KA-1 og KA-4) som viser bevegelser som er noenlunde i overensstemmelse med sprekkretninger.

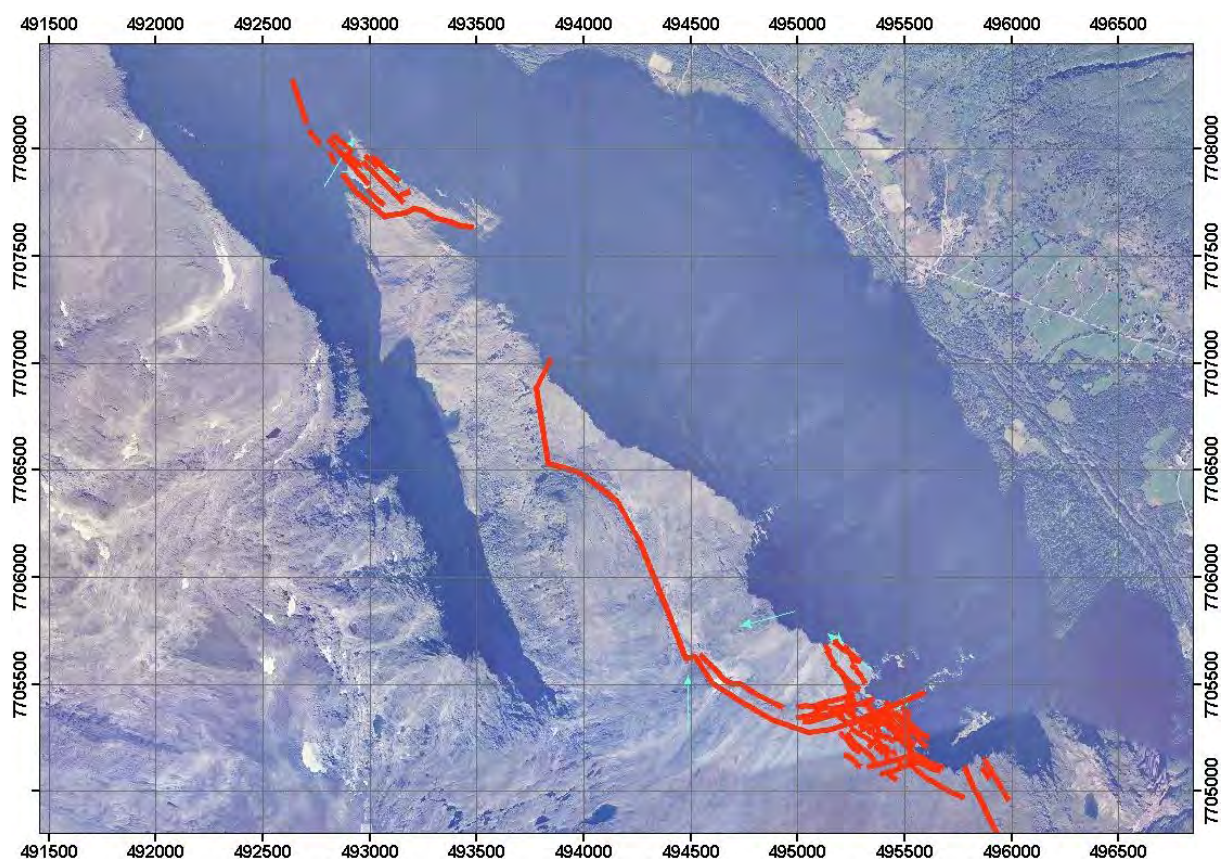
Oppsummert, er resultatene for Kåfjord usikre, men det er sannsynligvis noe bevegelse i punkt KA-2. I de andre punktene kan det så langt ikke påvises signifikant bevegelse.



Figur 10: GPS-resultater for Kåfjord i perioden 2008-2009. Horisontal bevegelse i gul tekst. Vertikal bevegelse i hvit tekst.

	år	horisontal	vertikal	retning
KA-1	2003-04	0.0186011	-0.007	36
KA-1	2004-05	0.0170294	0.004	220
KA-1	2005-06	0.0120221	0.0206	11
KA-1	2006-07	0.011507	-0.0165	182
KA-1	2007-08	0.0030414	-0.0036	63
KA-1	2008-09	0.0046648	0.0026	31
KA-2	2003-04	0.0098995	-0.018	45
KA-2	2004-05	0.001	0.024	180
KA-2	2005-06	0.0060638	-0.0093	347
KA-2	2006-07	0.00636	0.0065	106
KA-2	2007-08	0.0024083	-0.0028	5
KA-2	2008-09	0.0047508	0.0002	41
KA-3	2003-05	0.005099	0.032	11
KA-3	2005-06	0.0049729	-0.0269	345
KA-3	2006-07	0.0087464	0.0169	186
KA-3	2007-08	0.004	-0.0071	37
KA-3	2008-09	0.0011402	0.0046	255
KA-4	2005-06	0.0134347	0.0214	11
KA-4	2006-07	0.0111018	-0.0174	181
KA-4	2007-08	0.003265	0.0011	50
KA-4	2008-09	0.0005	-0.0063	90
KA-5	2006-07	0.0017088	0.0022	291
KA-5	2007-08	0.0054571	0.0031	104
KA-5	2008-09	0.0039051	-0.0038	310

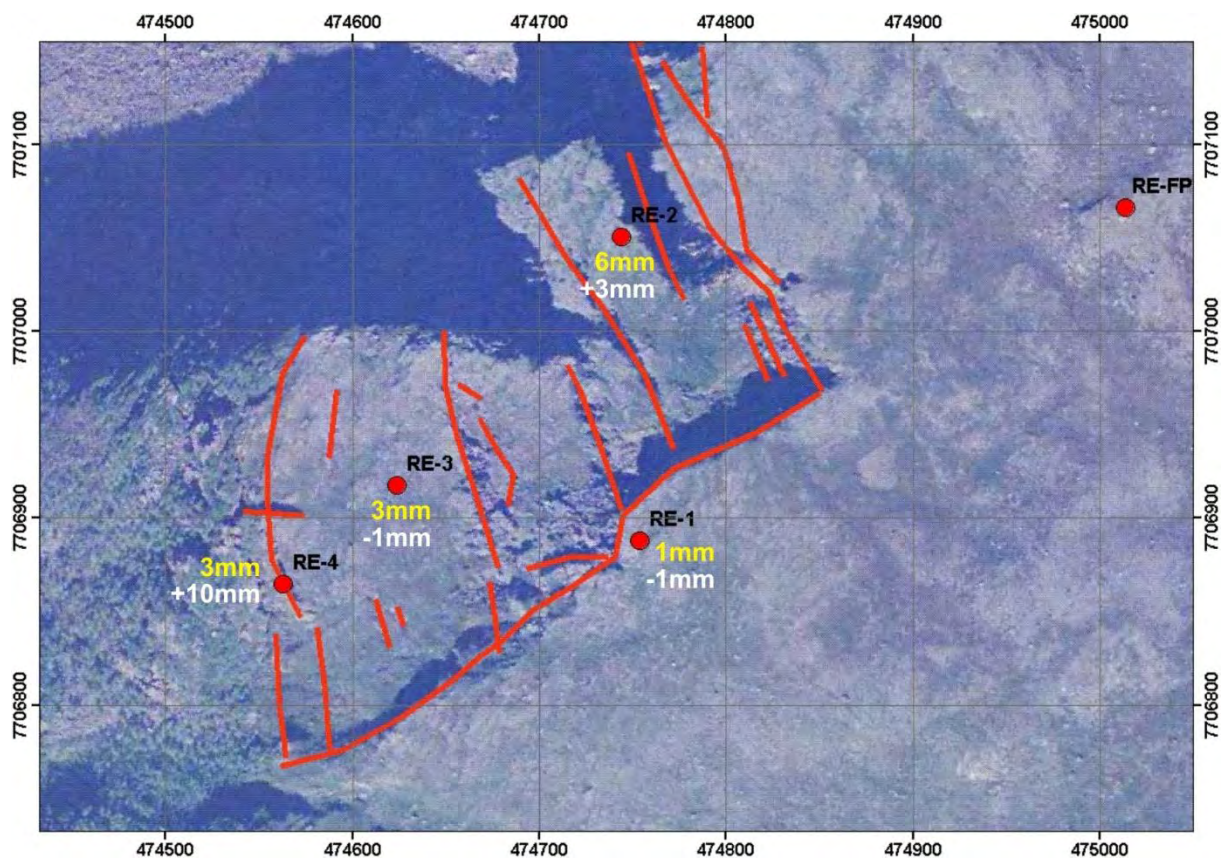
Tabell 5: GPS-data for Kåfjord som viser endring i bevegelse og retning på samtlige punkter fra år til år.



Figur 11: GPS-data for Kåfjord som viser retning av bevegelse fra 2008-2009.

2.1.4 Revdalsfjellet

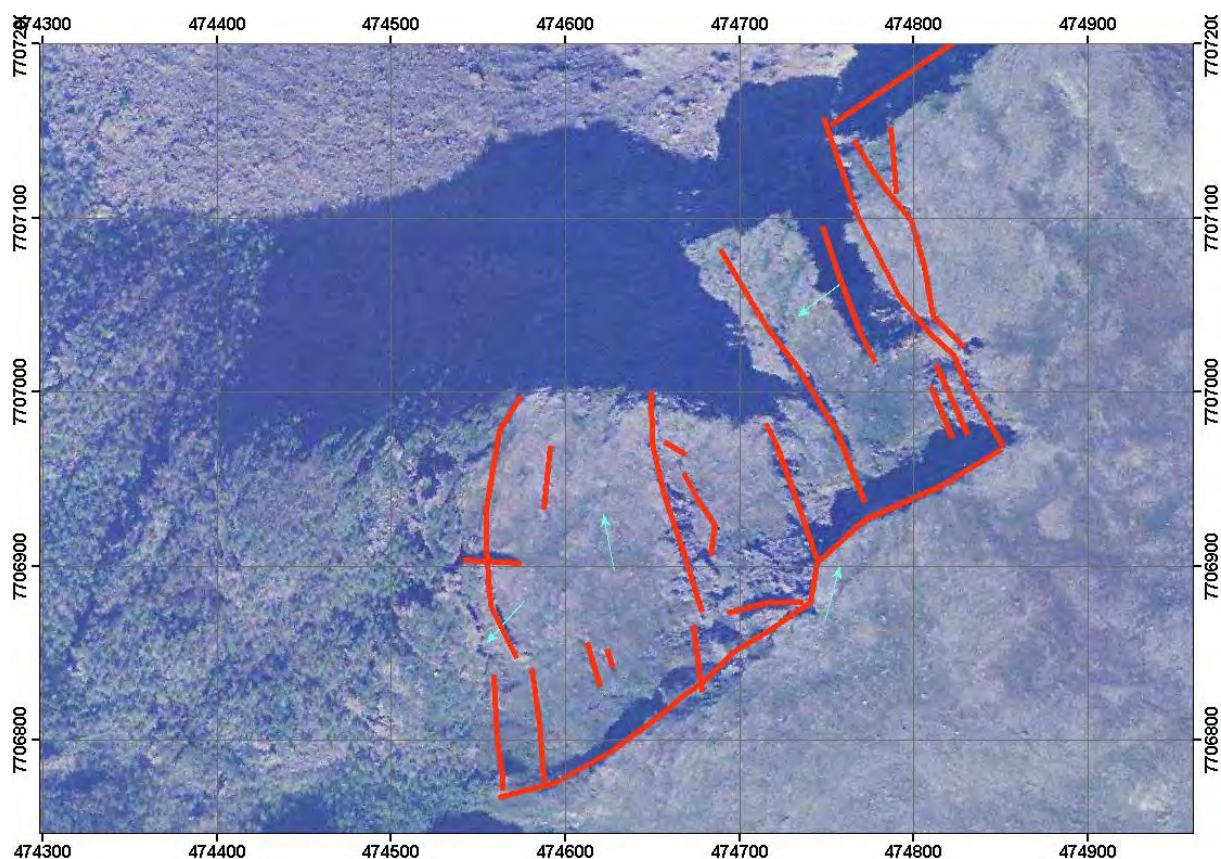
Resultatene for Revdalsfjellet i perioden 2008-2009 vises i Figur 12 og Tabell 6. Resultatene for 2009 bekrefter de tidligere resultater fra 2007 og 2008. I de tre punktene RE-2, RE-3 og RE-4 er det signifikante horisontal bevegelse, men bevegelsen er liten (ca. 2-3mm per år). Derimot er det ikke signifikante vertikale endringer. Figur 13 viser retning av bevegelse for samtlige punkter for perioden 2008-2009. Dette viser stort sett at bevegelsen er 90 grader sprekeretninger som tyder på at dataene er pålitelig.



Figur 12: GPS-resultater for Revdalsfjellet for perioden 2008-2009. Horisontal bevegelse vises i gul tekst. Vertikal bevegelse vises i hvit tekst.

	år	horisontal	vertikal	retning
RE-1	2006-07	0.002729	0.0058	208.4429
RE-1	2007-08	0.001208	-0.0003	24.44396
RE-1	2008-09	0.00114	-0.0007	15.25512
RE-2	2005-06	0.00364	0.0057	339.0755
RE-2	2006-07	0.003306	0.0021	3.468228
RE-2	2007-08	0.003302	-0.0096	324.8658
RE-2	2008-09	0.00572	0.0031	233.5308
RE-3	2005-06	0.003936	0.0065	332.7839
RE-3	2006-07	0.006227	-0.0003	240.141
RE-3	2007-08	0.000539	0.0036	291.8014
RE-3	2008-09	0.003158	-0.0009	349.0459
RE-4	2005-06	0.003206	0.0058	356.4237
RE-4	2006-07	0.004588	-0.0012	253.54
RE-4	2007-08	0.003302	-0.0029	324.8658
RE-4	2008-09	0.002691	0.0096	221.9872

Tabell 6: GPS data for Revdalsfjellet 1 som viser endring i bevegelse og retning på samtlige punkter fra år til år.



Figur 13: GPS-data for Revdalsfjellet 1 som viser retning av bevegelse fra 2008-2009.

2.1.5 Skjelltinden

Skjelltinden var sist målt inn i 2008 og bevegelsen var liten og usikker. Det var ikke tid til å måle den inn i 2009. Den bør måles inn i 2010.

2.1.6 Storsteinen

Storsteinen var sist målt inn i 2008 og bevegelsene var små og usikre. Bevegelse ble kun påvist i et av punktene. Derfor ble ikke punktene målt inn i 2009. Det bør gjøres en ny måling i 2010.

2.1.7 Gamanjunni 1

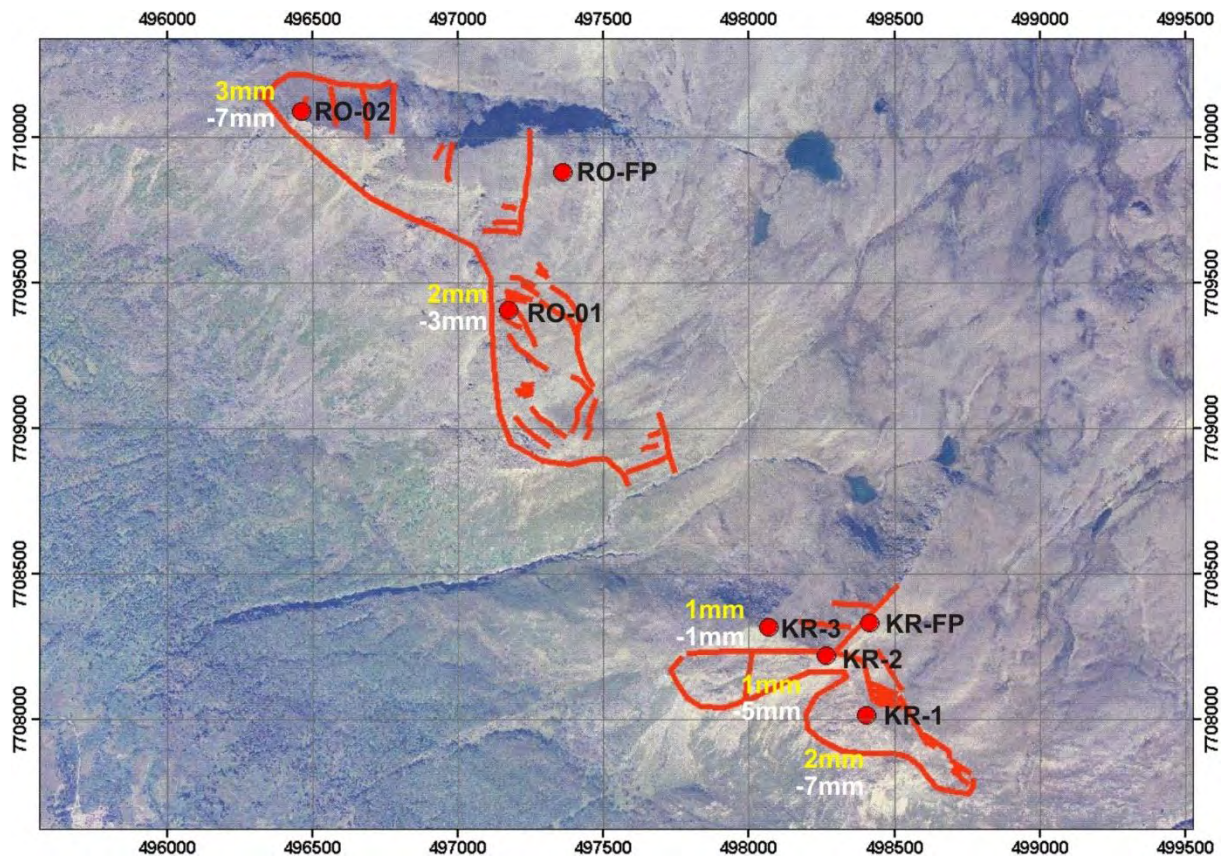
GPS-målepunkt på Gamanjunni 1 ble etablert i 2007 og fikk første intervallmåling i 2008. Bevegelsen i det ene punktet var liten og usikker. Derfor ble ikke punktene målt inn i 2009. Det bør gjøres en ny måling i 2010.

2.1.8 Kråketinden

Et nettverk av 4 måle punkter ble etablert på Kråketinden i 2007. Kråketinden er målt inn med Ruovddasvarri (se avsnitt 2.1.9) slik at målepunktene til sammen gir en bedre nettgeometri. To fastpunkt ble etablerte, ett på Kråketinden og ett på Ruovddasvarri. Tre punkter i mulig ustabile områder ble satt ut på Kråketinden. Resultatene av det første års intervallmåling vises i Figur 14.

Resultat etter to års målinger viste at bevegelse ikke kan utelukkes i noen av punktene. KR-1 viste så vidt signifikant bevegelse i 2007-2008 og det samme mønster i 2008-2009. Figur 15 viser bevegelsesretning for punktene på Kråketinden og viser at bevegelsen er tilsynelatende på tvers av sprekkeretning. Dette kan bety at resultatene ikke er pålitelig. Målingene bør gjøres i flere år fremover for å få et bedre datagrunnlag.

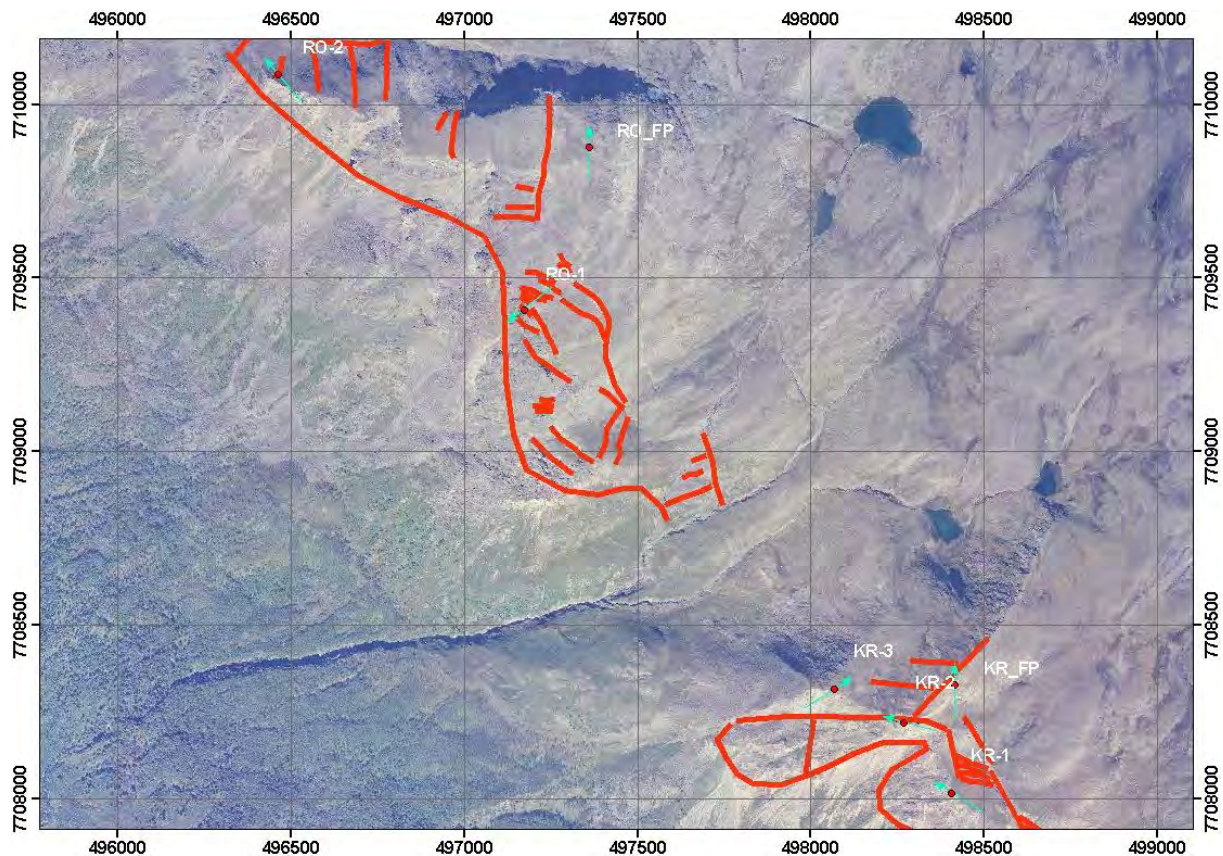
Oppsummert, er det påvist signifikante endringer i et punkt på Kråketinden, men endringene er svært små og resultatet er usikkert siden kun to års måling ligger til grunn for resultatet.



Figur 14: GPS-resultater for Kråketinden for perioden 2008-2009. Horisontal bevegelse i gul tekst. Vertikal bevegelse i hvit tekst.

PUNKT	År	horisontal	Retn.	vertikal
KR-1	2007-08	0.005	307	0.0058
KR-1	2008-09	0.002	292	-0.0074
KR-2	2007-08	0.001	329	0.0081
KR-2	2008-09	0.001	256	-0.0046
KR-3	2007-08	0.001	120	0.0073
KR-3	2008-09	0.001	6	-0.0001
RO-1	2007-08	0.003	238	0.0014
RO-1	2008-09	0.002	222	-0.0030
RO-2	2007-08	0.003	320	-0.0066

Tabell 7: GPS-data for Kråketinden og Ruovddasvarri som viser endring i bevegelse og retning på samtlige punkter fra 2007 til 2009.



Figur 15: GPS data for Ruovddasvarri som viser retning av bevegelse fra 2008-2009.

2.1.9 Ruovddasvarri

Tre punkter er satt ut på Ruovddasvarri og resultatene er vist i Figur 14 og Tabell 7. Punktene RO_FP og RO-1 ble etablert i 2007 og har derfor to års intervalldata. Et ekstra punkt (RO-2) ble etablert i 2008 i forbindelse med ommålingen og vi presenterer det første intervallmåling fra dette punktet her.

Punktet RO-1 viser horisontal bevegelse litt under signifikansgrensen. Selv om målingene på RO-2 viser større bevegelse så er signifikansgrensen for dette punktet er mye høyere. Figur 15

viser retningsdata for 2008-2009. Dette viser at punkt RO-1 har en bevegelsesretning som ikke stemmer med sprekkeretningene. Det kan tyde på at den målte bevegelse på dette punktet ikke er pålitelig. For å oppsummere, er det muligens bevegelse i punkt RO-1 men den er opp mot signifikansgrensen. Målingene må gjøres i flere år for å fastsette om bevegelsen er reel.

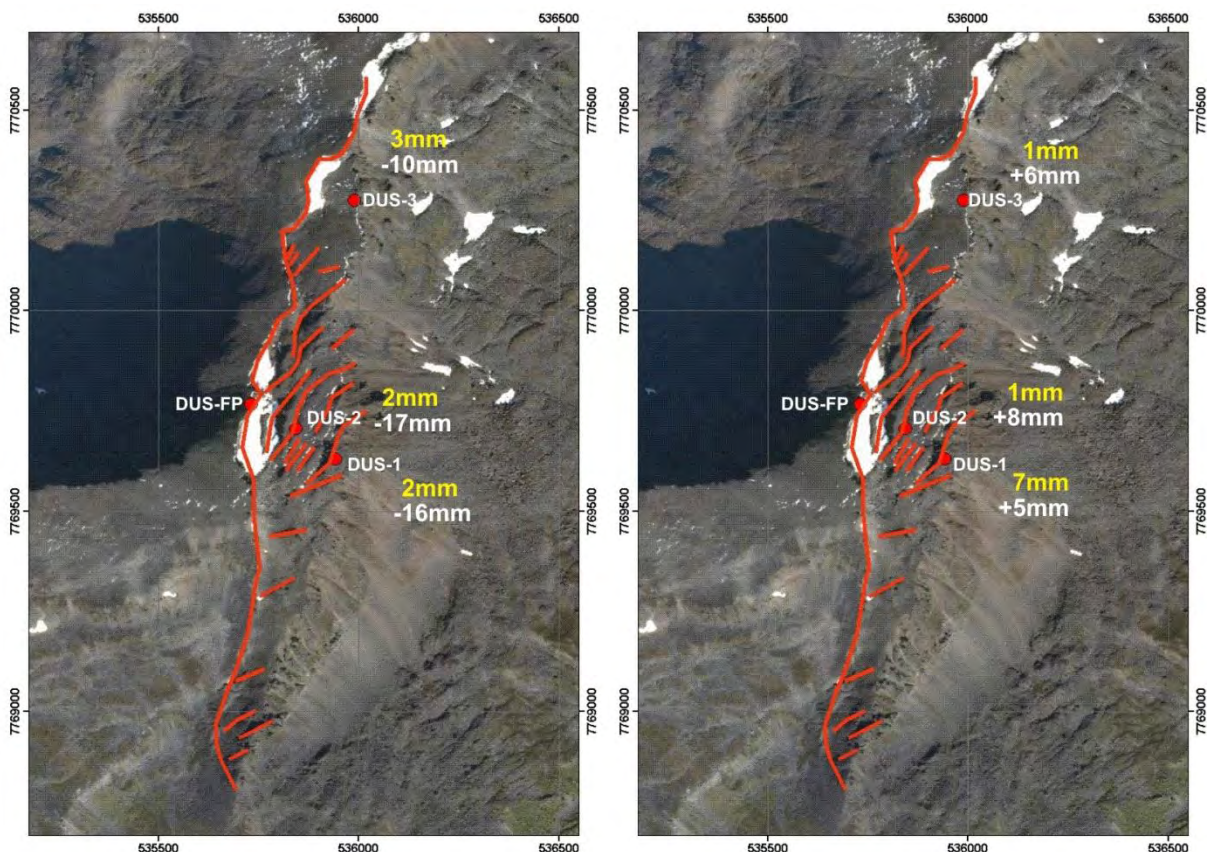
2.1.10 Dusnjarga

På Dusnjarga, ble det satt ut fire nye GPS-punkter i 2007. Ett punkt er et fastpunkt, de tre andre er satt ut på mulig ustabile parti ut mot kanten av fjellet som stuper bratt ned mot øst. I 2008 ble punktene målt på nytt og resultatene viste moderat bevegelse i samtlige punkter fra 10 til 17mm per år. Resultatene fra 2009 er gitt i Figur 16 og Tabell 8.

Bevegelsene som ble målt for 2008-2009 er svært ulike de dokumenterte bevegelsene i 2007-2008. Samtlige punkter hadde en nedsynkning i 2007-2008, mens det er en heving i alle punktene i 2008-2009. De vertikale bevegelsene er såpass store at det er et tegn på at noe er feil i dataene og årsaken kan være at fastpunktet er plassert i dårlig fjell bak sprekken.

Horisontale bevegelser fra 2007-2009 viser signifikant endring i DUS-1, slik at det ikke kan utelukkes at det er bevegelse i dette punktet.

Ved neste målingen i 2010 bør det vurderes å etablere et nytt fastpunkt, og det er behov for nye målinger for å kunne konkludere noe om aktiv bevegelse i området.



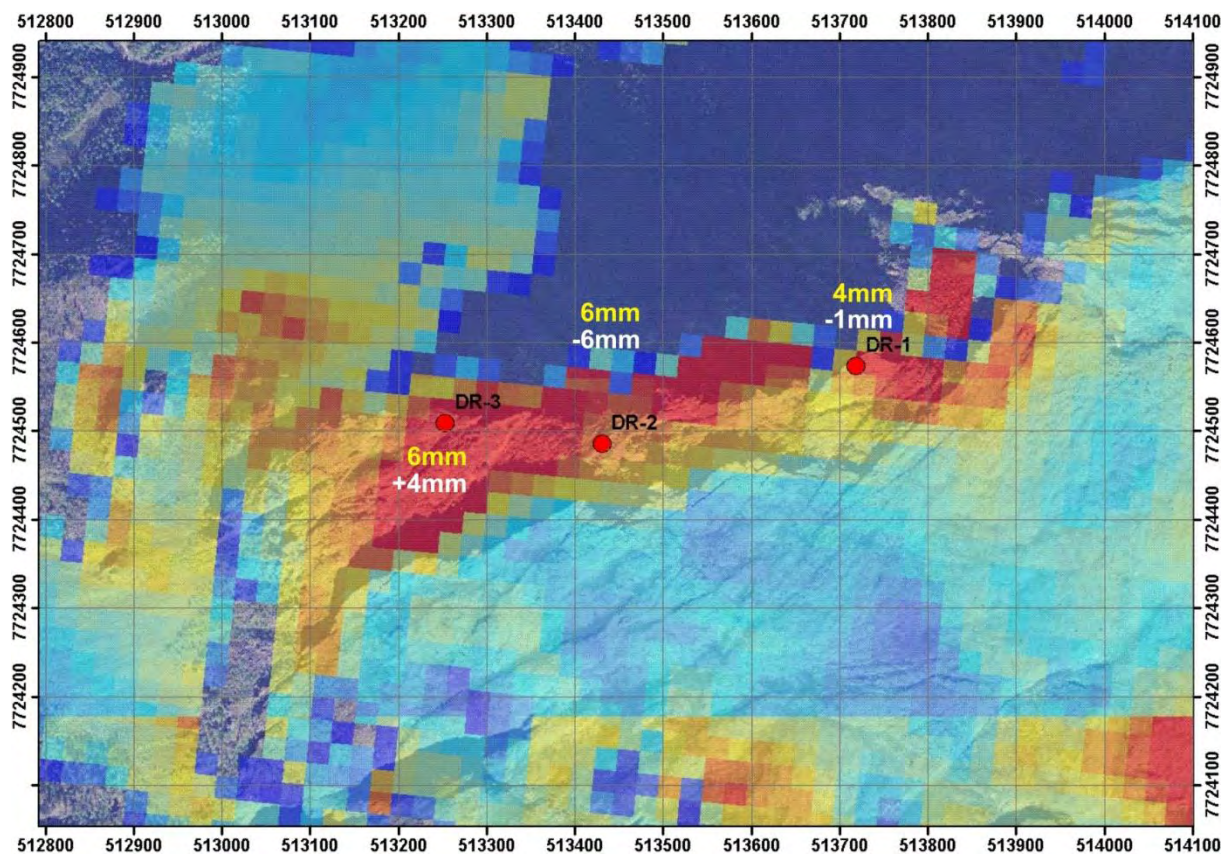
Figur 16: GPS-resultater for Dusnjarga for perioden 2007-2008. Horisontal bevegelse vises i gul tekst. Vertikal bevegelse vises i hvit tekst.

PUNKT	År	H	Retn.	V
DUS-1	2008-09	0.007	114	0.005
DUS-2	2008-09	0.001	39	0.008
DUS-3	2008-09	0.001	254	0.006

Tabell 8: Bevegelser på GPS-punkter på Dusnjarga i tidsintervall 2008-2009.

2.1.11 Dorrisdalen

I 2008 ble det etablert fire nye punkt, et fastpunkt ved vatnet Vinnelysfjellet og tre punkter i det ustabile området ut mot Dorrisdalen. Punktene ble målt om i 2009 og resultatene vises i Tabell 9 og Figur 17. Det er klart signifikant horisontal bevegelse for to av punktene (DR-2 og DR-3), med bevegelse på 6mm over ett år. Punktet DR-1 er så vidt over signifikansgrensen med en bevegelse på 4 mm/år. Det er ingen signifikante vertikale endringer. Resultatene bør bekreftes med en ny måling i 2010 før det trekkes noen sikre konklusjoner om bevegelse.



Figur 17: GPS-data for Dorrisdalen fra tidsintervall 2008-2009.

PUNKT	E	N	H	Retn.	V
DR-FP	513907	7723913			
DR-1	513718	7724573	0.004	8	-0.001
DR-2	513430	7724485	0.006	298	-0.006
DR-3	513253	7724508	0.006	335	0.004

Tabell 9: Endring i GPS-punkter på Dorrisdalen i tidsintervall 2008-2009.

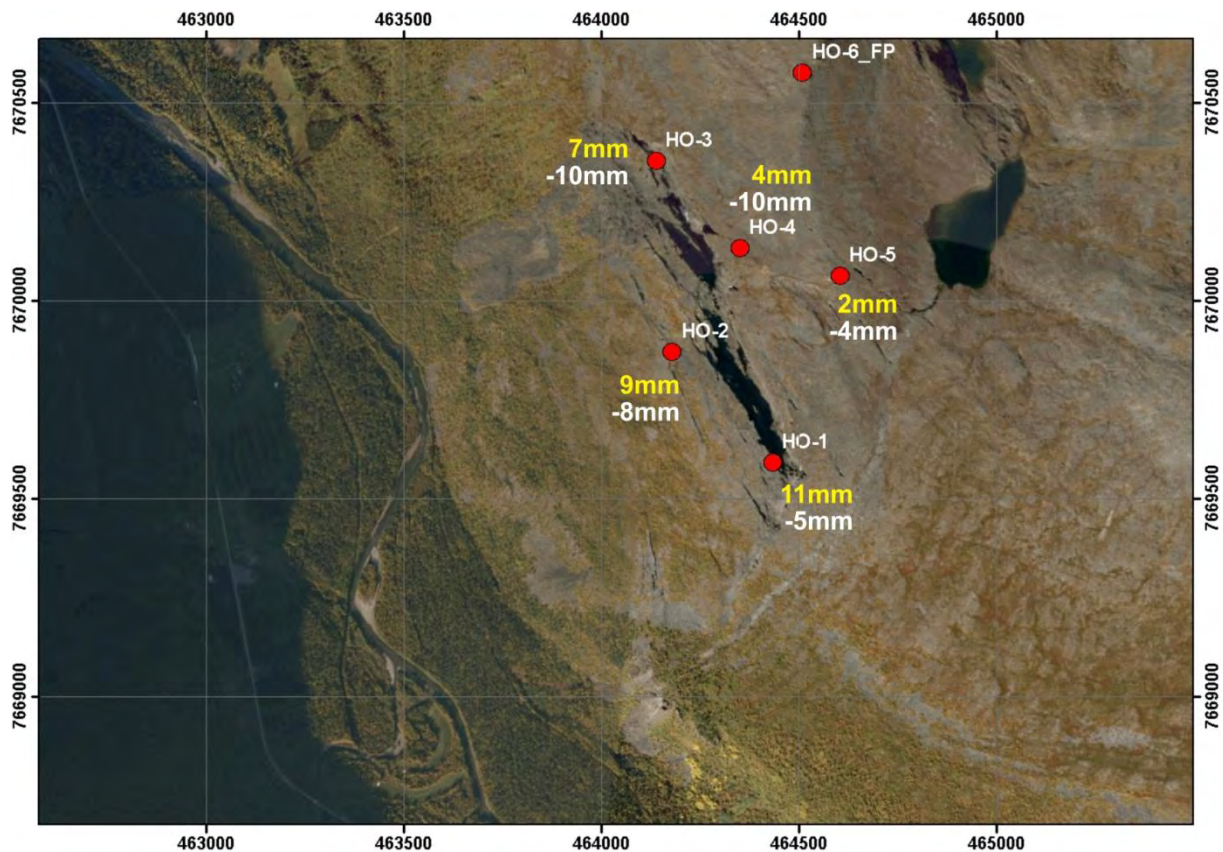
2.1.12 Hompen

Seks nye punkter ble etablert på Hompen i Signaldalen i 2008. Ett fastpunkt og fem punkter på ulike steder i sprekkområdet i fjellsiden. Punktene er målt om i 2009 og resultat for koordinater og endringer er gitt i Tabell 10 og Figur 18. Punktene på Hompen ser ut til å ha endringer både horisontalt og vertikalt. De tre nedre punktene HO-1, HO-2 og HO-3 viser horisontal endring på 11 – 7mm/år og vertikal endring på 5-10mm/år. Horisontal endring er signifikant i alle tre, vertikal endring er signifikant i HO-2 og HO-3. For HO-4 lengre opp på fjellsiden er endringene vesentlig mindre horisontalt, men er 10mm i vertikalt. Endringene er signifikante både horisontalt og vertikalt. I HO-5 er det små og knapt signifikante endringer.

Oppsummert er det klare tegn til bevegelse i de fleste av punktene i området, og endringene er såpass store at det er lite tvil om at det er bevegelse, men målingene bør gjentas med en ny måling i 2010 før konklusjoner trekkes.

PUNKT	E	N	H	Retn.	V
HO-6_FP	464508	7670576			
HO-1	464433	7669592			
HO-1	464433	7669592	0.011	229	-0.005
HO-2	464179	7669871	0.009	234	-0.008
HO-3	464139	7670353	0.007	238	-0.010
HO-4	464351	7670134	0.004	231	-0.010
HO-5	464604	7670063	0.002	249	-0.004

Tabell 10: Endring i GPS-punkter på Hompen i tidsintervall 2008-2009.



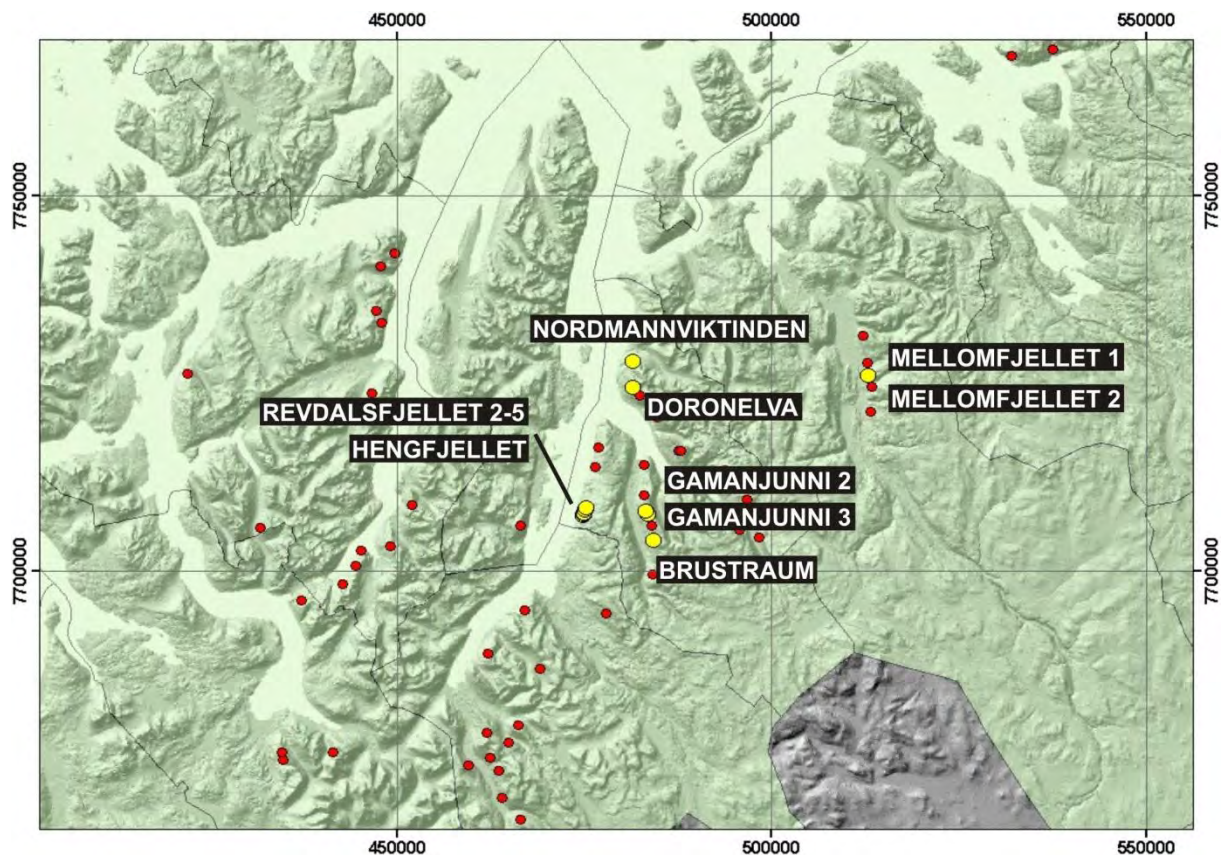
Figur 18: GPS-data for Hompen fra tidsintervall 2008-2009.

2.2 Befarte nye lokaliteter

12 nye lokaliteter ble undersøkt under feltsesongen 2009. De nye lokalitetene er områder påvist fra flyfototolkning samt InSAR-analysene. Disse er vist i Tabell 11 og i Figur 19. De som er markert med i blått ble vurdert som høyprioritetsobjekter og her ble det lagt ut GPS-punkter i 2009. Detaljene om GPS-punktene på disse lokalitetene er diskutert i avsnitt 2.3.

NAVN	OMRÅDE	UTM ØST	UTM NORD	GPS	METODE
Revdalsfjellet 2	Storfjorden	474798	7707302	✓	FLYFOTO
Revdalsfjellet 3	Storfjorden	474899	7707538	x	FLYFOTO
Revdalsfjellet 4	Storfjorden	474939	7707714	x	FLYFOTO
Revdalsfjellet 5	Storfjorden	475042	7708070	x	FLYFOTO
Hengfjellet	Storfjorden	475147	7708347	✓	FLYFOTO
Doronelva	Kåfjord	481391	7724390	x	INSAR
Nordmannviktinden	Kåfjord	481467	7727958	x	INSAR
Gamanjunni 2	Manndalen	483392	7707497	x	FLYFOTO
Gamanjunni 3	Manndalen	483855	7706508	x	FLYFOTO
Brustraum	Manndalen	484158	7703972	x	INSAR
Mellomfjellet 1	Reisadalen	512891	7726070	x	FLYFOTO
Mellomfjellet 2	Reisadalen	513081	7726936	x	FLYFOTO

Tabell 11: Nye lokaliteter som ble undersøkt i 2009. Nye GPS-punkter er etablert i områdene vist med blått.



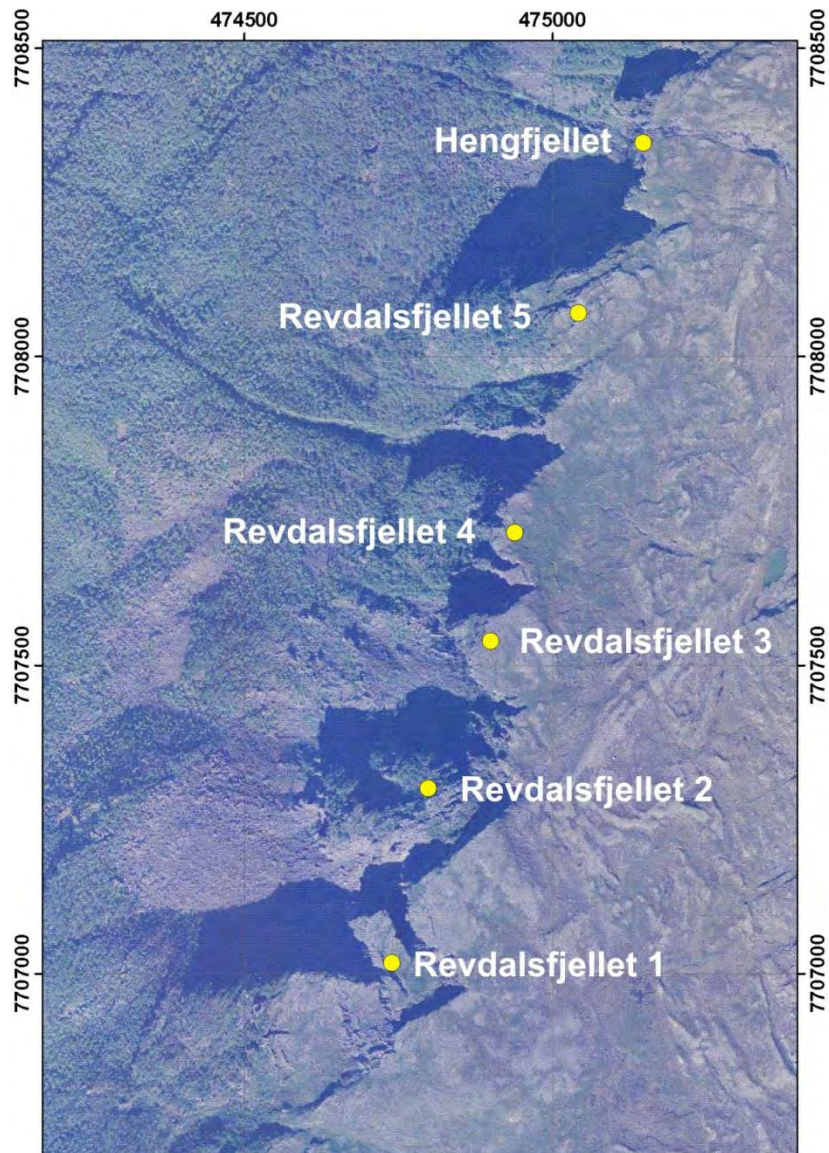
Figur 19: Oversiktskart som viser nye lokaliteter befart i feltsesongen 2009 (gule prikker).

2.2.1.1 Revdalsfjellet 2

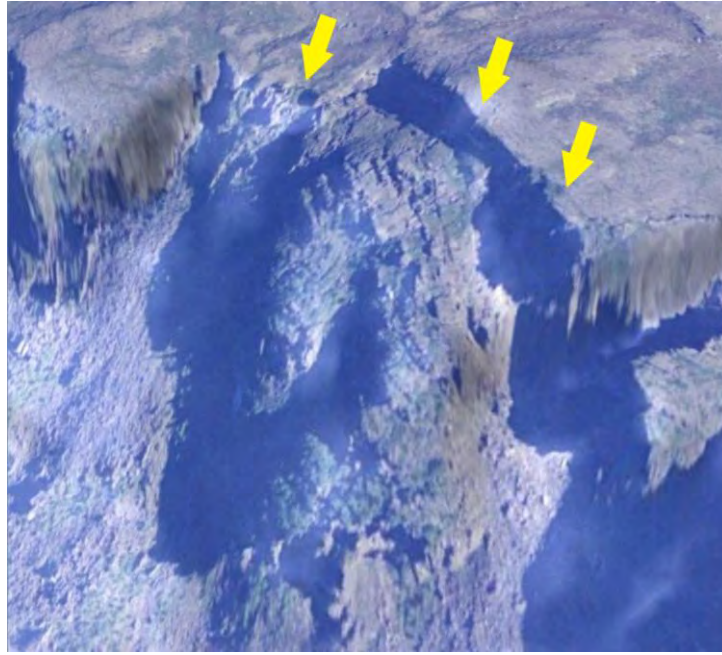
Lokaliteten Revdalsfjellet 2 ligger direkte nord fra Revdalsfjellet 1 og er en del av samme systemet og består av samme sprekkesystemer (Figur 20, Figur 21 og Figur 22). To sprekkeretninger er observert; VSV og NNV. Dette har delvis utløst en blokk som er ca. 250m bred og 150m lang. Blokken er svært oppsprukket med de to sprekkeretningene. Dybden på blokken er vanskeligere å beregne siden ingen glideplan er observert. Det strukturegeometriske regimet på overflaten er imidlertid identisk med det som er observert på Revdalsfjellet 1. Derfor regner vi med en dybde til glideplanet på ca. 100m. Dette utgjør et mulig skredvolum på ca. 4 millioner m³. Dette er betydelig mindre enn Revdalsfjellet 1, men er fortsatt et vestlig volum.

Den vertikale separasjon langs den VSV-ØNØ sprekken er på gjennomsnitt 10m (Figur 23a og c, men øker mot VSV. Det vil si at strukturen er hengslet mot fjellet. Her er det tegn på at forkastningen er aktiv siden det er noe begrenset fersk steinsprang fra bakveggen (Figur 23c). Den NNV-SSØ strukturen har mindre forkastning med opp til 5m forkastning ned mot fjorden (Figur 23b) og ser mindre aktiv ut. Ettersom den VSV-gående sprekken har høyest forkastning og sannsynligvis ferskest aktivitet i forhold til den NNV-gående sprekken, regner vi med at bevegelsesretningen til blokkene er skrått mot fjorden mot ca. 300°N (se pilene i Figur 21).

InSAR deknningen er ikke ideell i området, men dataene viser at det er sannsynligvis bevegelse i blokken (Figur 22).

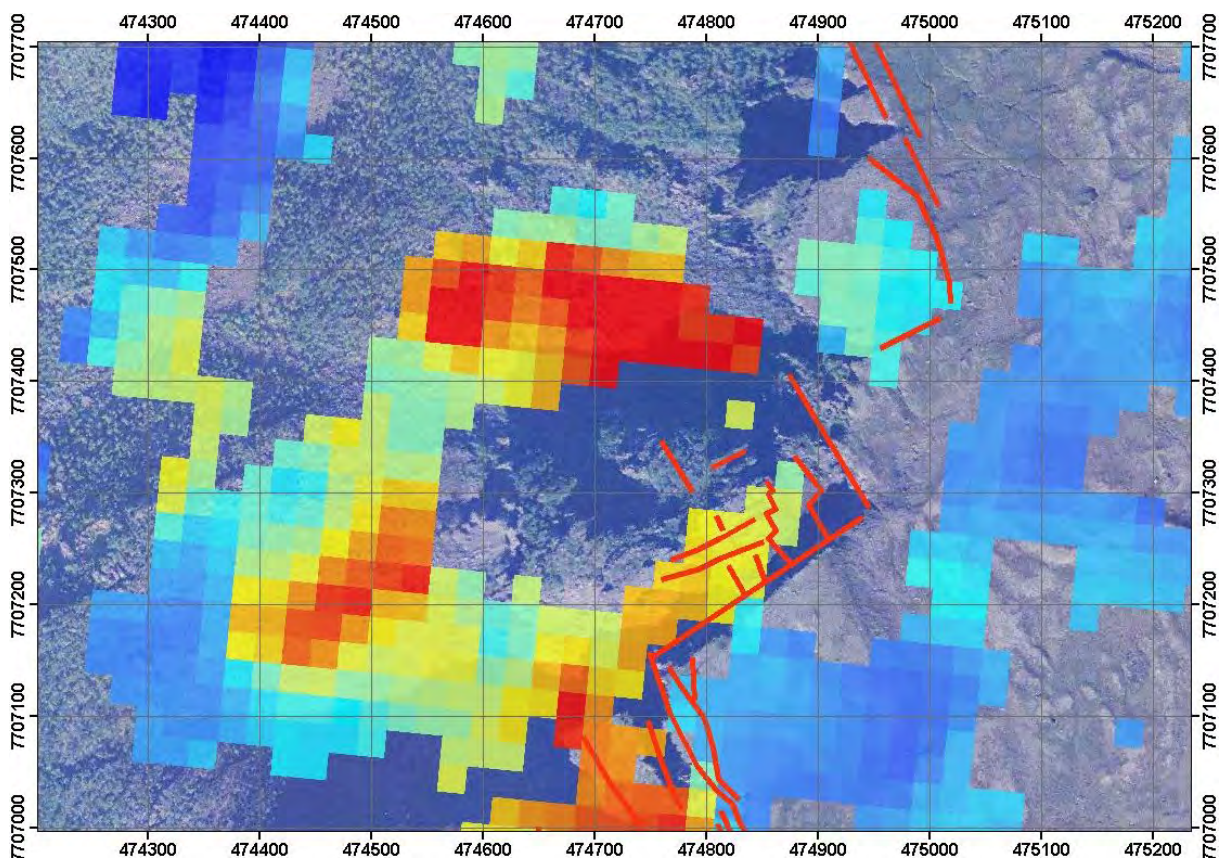


Figur 20: Oversiktskart over de 6 lokaliteter som ligger i en rekke på øst siden av Storvfjorden. Revdalsfjellet 2-5 og Hengfjellet er befart for første gang i 2009.



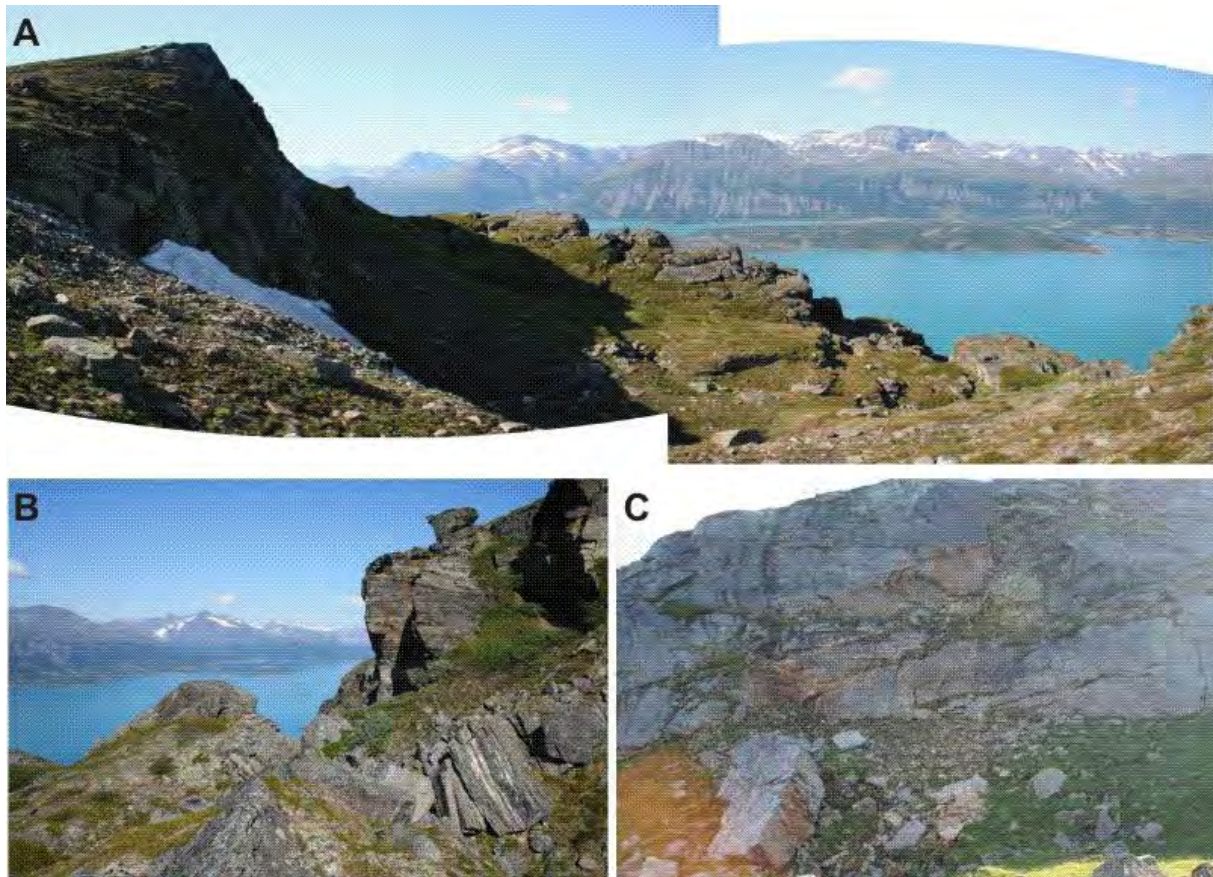
Figur 21: Utsnitt fra Norge i 3D (www.norgei3d.no) som viser lokaliteten Revdalsfjellet 2 sett fra vest.

InSAR bildet viser også at det er bevegelse i ura nedenfor blokken (Figur 22) Dette kan også være tegn på at det er bevegelse i blokken.



Figur 22. Ortofoto av lokalitet Revdalsfjellet 2 som viser de kartlagte sprekkenes og InSAR.

Med hensyn til den observerte geologi, vertikal separasjon, oppsprekking av den utløste blokken, tegn til fersk aktivitet, indikasjon på bevegelse på InSAR-bilder og likhet med Revdalsfjellet 1, klassifiserer vi denne lokaliteten som et høyprioritetsobjekt. Det bør settes ut differensielle GPS-punkter her. Vi diskuterer dette videre in avsnitt 2.3.1.

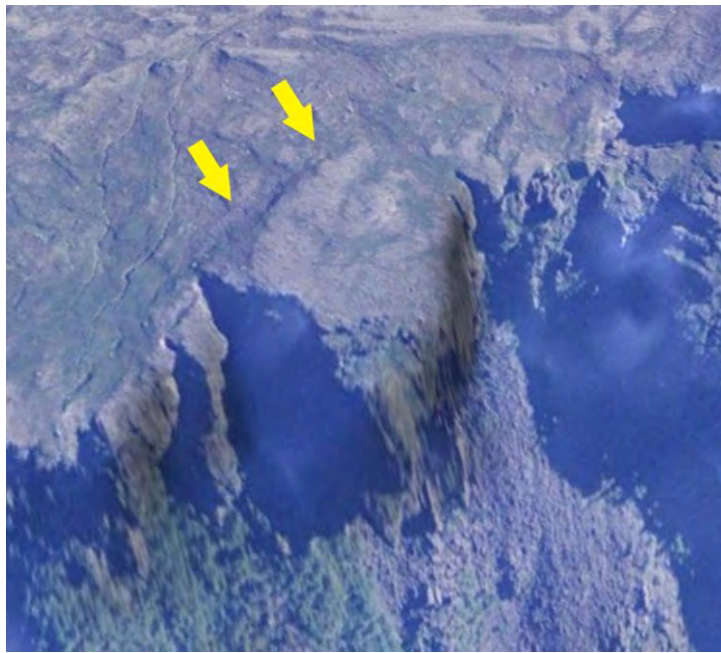


Figur 23: Bilder som viser de geologiske observasjonene på Revdalsfjellet 2. A: Panorama mot vest som viser den utløste blokken. B: Bilde mot NNV parallelt med den NNV baksprekken. C: Detaljer på den VSV sprekken som viser noe fersk aktivitet.

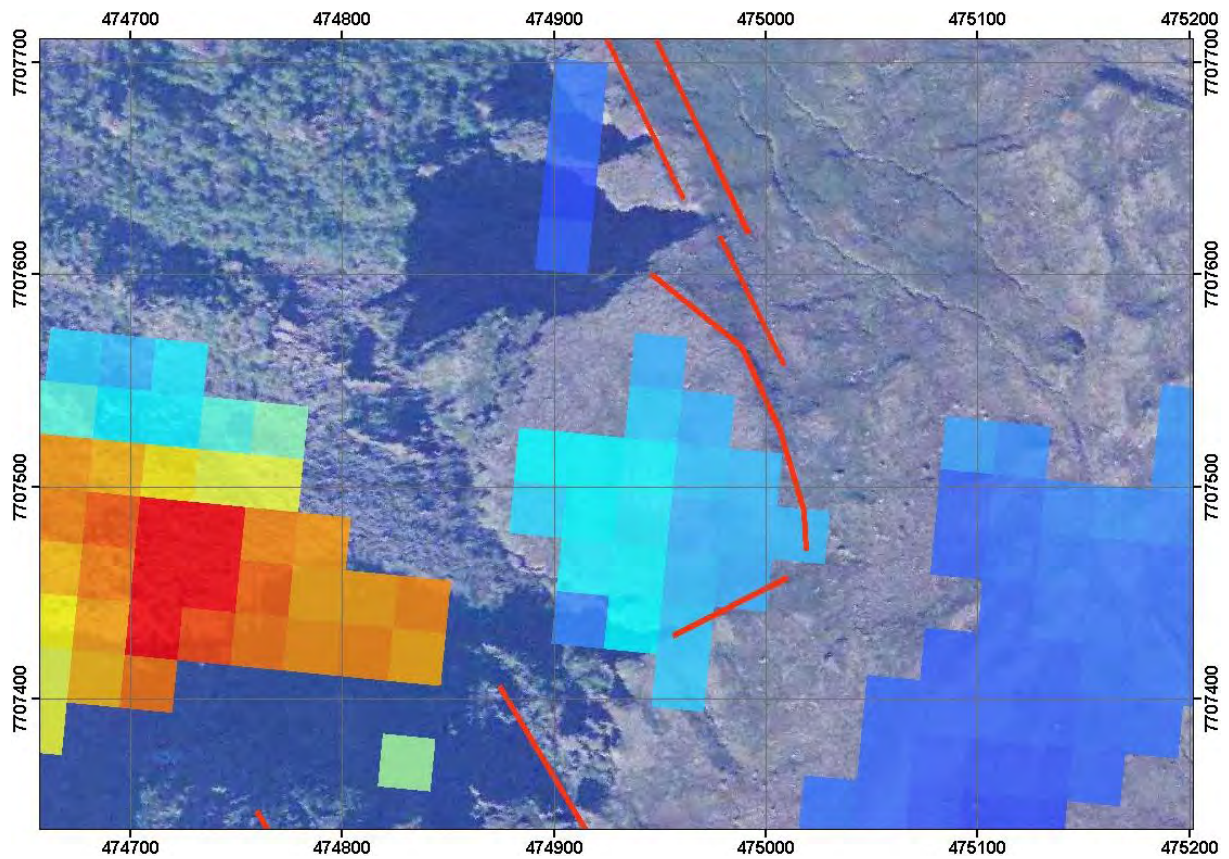
2.2.1.2 Revdalsfjellet 3

Lokaliteten Revdalsfjellet 3 ligger direkte nord fra Revdalsfjellet 2 (Figur 20) og har tilsynelatende de samme sprekkeretninger eller lineamenter som Revdalsfjellet 2 ; VSV-ØNØ og NNV-SSØ (Figur 24). Derimot, viser det NNV-SSØ-gående lineamentet, som danner den østlige grensen av en blokk som viser lite vertikal separasjon. Det er heller ikke observert oppsprekking av blokken foran lineamentene (pilene i Figur 24). InSAR-bildene dekker dette området godt og viser at blokken sannsynligvis er stabil (Figur 25).

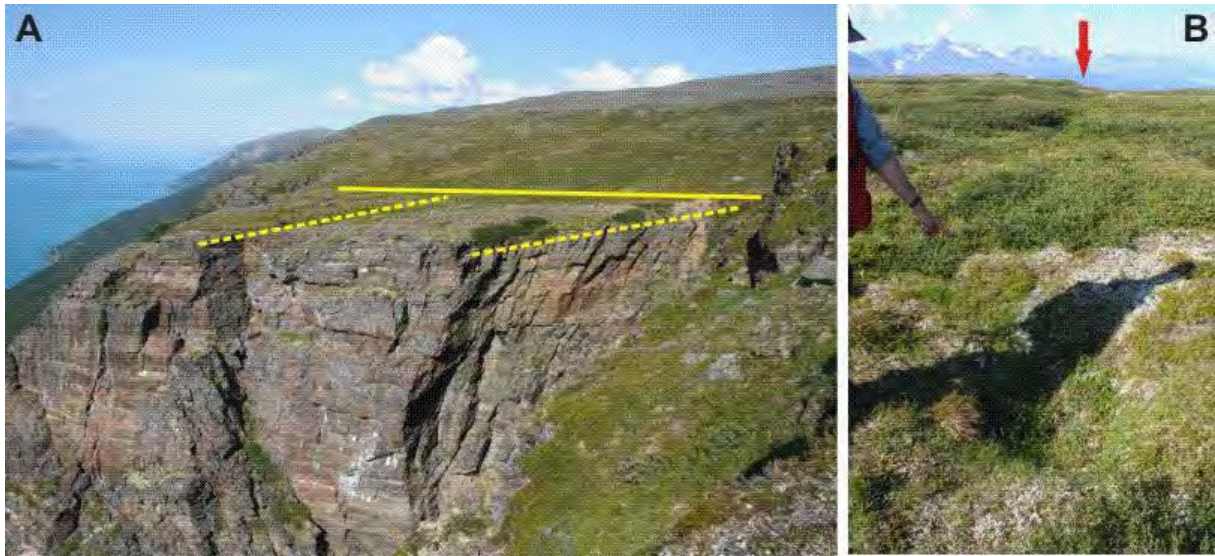
Figur 26 viser observasjonene som ble gjort på Revdalsfjellet 3. Figur 26a viser utsikten mot blokken fra sør og r de to lineamentretningene. Fotoet viser også at det verken er horisontal eller vertikal separasjon langs disse lineamentene. Derfor er blokken ikke utløst og kan anses som stabil. Figur 26b viser det NNV-SSØ-gående lineamentet som danner bakkanten til blokken. Lineamentet har ikke dannet en sprekk, men en ca. 0.5m dyp depresjon i topografien er observert. Noen mindre synkehuler er funnet, men disse er igjengrodd og ser veldig gamle ut.



Figur 24: Utsnitt fra Norge i 3D (www.norgei3d.no) som viser lokaliteten Revdalsfjellet 3 sett fra vest.



Figur 25. Ortofoto av lokalitet Revdalsfjellet 3 som viser de kartlagte sprekkeene og InSAR.



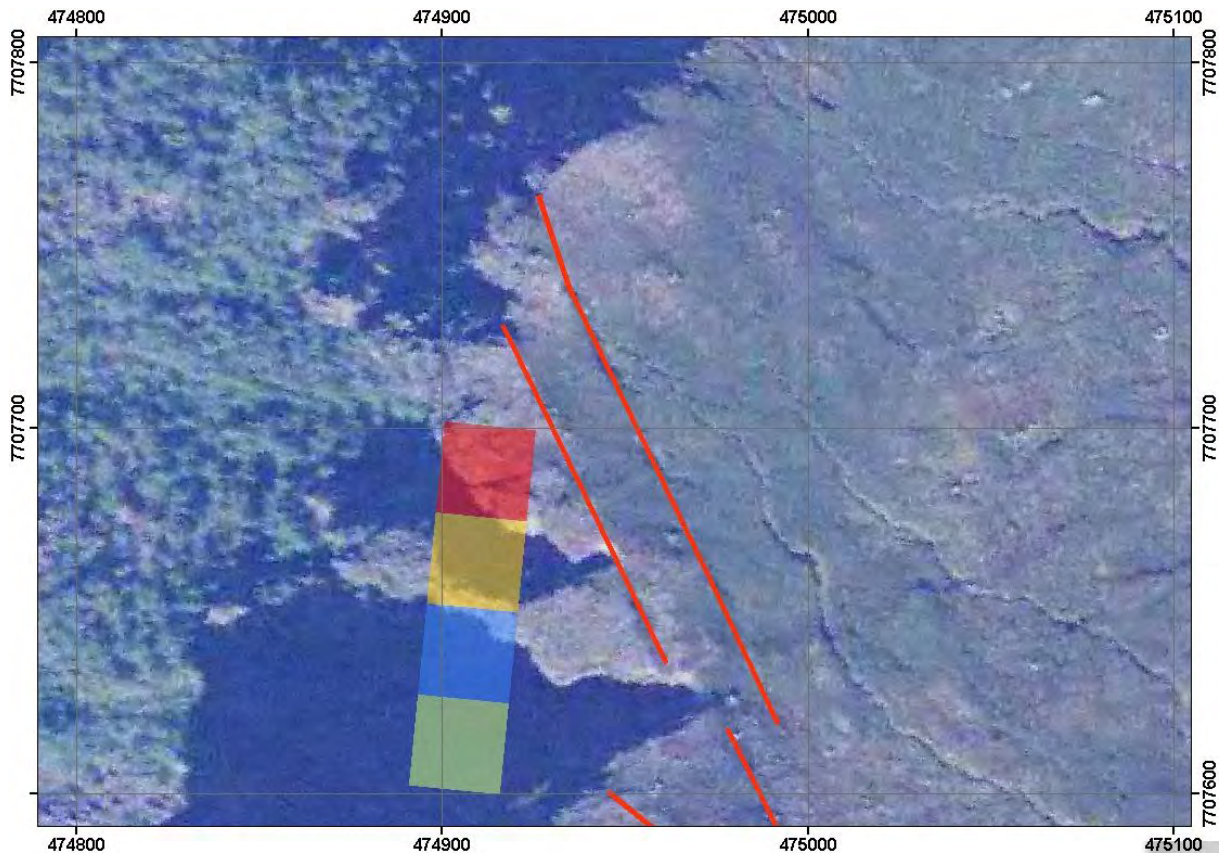
Figur 26: Bilder som viser de geologiske observasjonene på Revdalsfjellet 3.

2.2.1.3 Revdalsfjellet 4

Revdalsfjellet 4 ligger direkte nord fra Revdalsfjellet 3 (Figur 20). Her er det observert de samme sprekkeretninger som er observert på Revdalsfjellet 1-3; VSV-ØNØ og NNV-SSØ (Figur 27). Det NNV-SSØ gående lineamentet er mer utpreget enn på de andre lokalitetene. Det VSV-ØNØ-gående lineamentet er nesten fraværende (Figur 28). InSAR dekninger er dårlig på denne lokalitet (Figur 28).

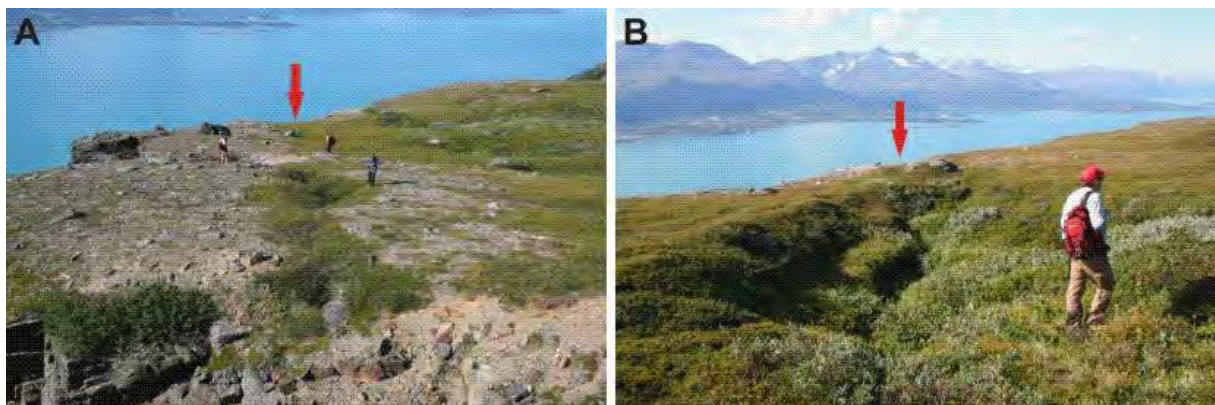


Figur 27: Utsnitt fra Norge i 3D (www.norgei3d.no) som viser lokaliteten Revdalsfjellet 4 sett fra vest.



Figur 28: Ortofoto av lokalitet Revdalsfjellet 4 som viser de kartlagte sprekkene og InSAR.

Figur 29 viser bilder av sprekkene observert på Revdalsfjellet 4. Figur 29a er sett parallelt med baksprekken. Det er ingen vertikal separasjon langs baksprekken, kun en forsenkning på overflaten. Forsenkningen er igjengrodd (Figur 29b) og vi tolker dette som et tegn på at området foran sprekken ikke er i bevegelse.



Figur 29: Bilder som viser en av de to sprekkeretninger observert på Revdalsfjellet 4. A: NNV-SSØ sprekkeretning. Lite vertikal separasjon er observert. B: 'Sprekken' er en igjengrodd depresjon i topografien med lite vertikal separasjon.

Figur 30a viser den VSV-ØNØ-gående sprekken som avgrenser den sørligste delen av blokken. Den viser en ca. 2m vertikal separasjon men horisontal separasjonene er vanskelig å beregne. Forkastningsoverflatene ser midlertidig igjengrodd ut og kan tolkes som innaktiv. Figur 30b viser den fremste NNV-SSØ sprekken som deler opp blokken. Her er det observert

en ca. 30cm heving av den fremste blokken. Dette kan tolkes som utvikling av en 'toppling' mekanisme av utløsning. Det er ikke særlig tegn til bevegelse på denne sprekken.

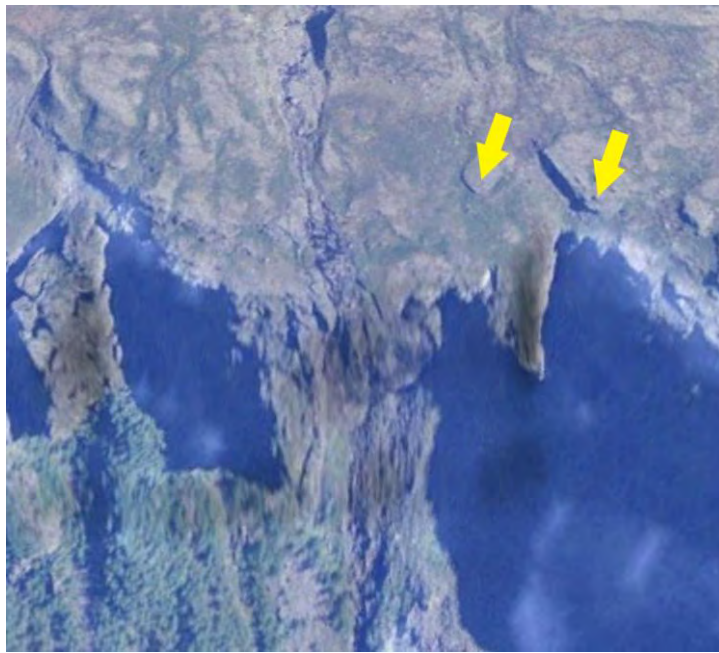
Ut i fra sprekkegeometrien beregner vi størrelsen på blokken til ca. 100m lang, 20m bred og opp til 50m dyp. Dette gir et volum foreløpig beregnet til ca. 100 000m³. Vi anser dette som en svært liten blokk som trolig ikke vil nå ut til fjorden hvis den løsner og faller ut. Dette, kombinert med indikasjoner på lite aktivitet, gjør at vi klassifiserer denne lokaliteten som lavprioritet.



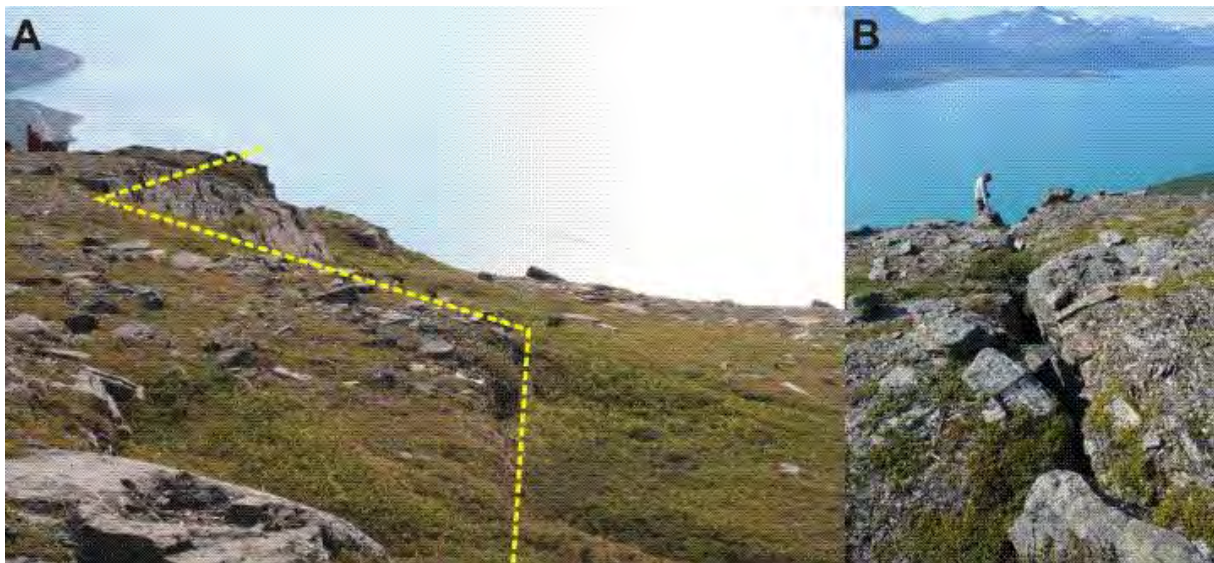
Figur 30: Bilder som viser sprekker relatert til lokaliteten Revdalsfjellet 4.

2.2.1.4 Revdalsfjellet 5

Denne lokaliteten ligger direkte nord fra Revdalsfjellet 4 (Figur 20). Et markant VSV-ØNØ lineament som avgrenser den sørligste delen av lokaliteten er observert på ortofoto. En mye svakere NNV-SSØ depresjon markerer den bakkanten av den mulig ustabile blokken. InSAR bildet viser ingen data fra dette området og er derfor ikke presentert her.



Figur 31: Utsnitt fra Norge i 3D (www.norgei3d.no) som viser lokaliteten Revdalsfjellet 5 sett fra vest.

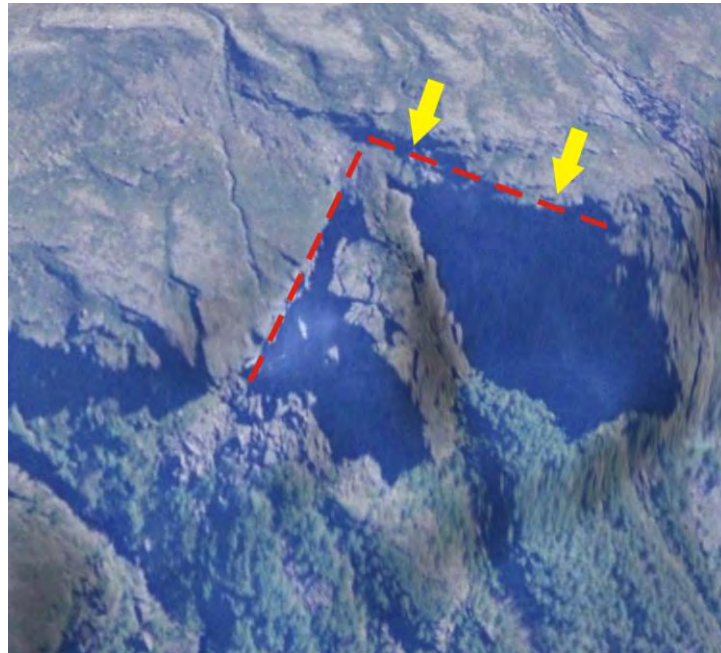


Figur 32: Bilder som viser strukturer observert på lokaliteten Revdalsfjellet 5.

Figur 32a viser den ØNØ-VSV gående strukturen i bakken. Dette ser ut til å være et lineament og ikke en forkastningen som viser bevegelse. Figur 32b viser derimot en åpen sprekk i en NNV-SSØ retning som definerer bakkanten av blokken. Blokken er i midlertidig ikke utløst fra fjellet siden sprekken er svært begrenset i lengde og måler ikke mer enn 15cm i åpningen. Den viser heller ikke noe særlig tegn til bevegelse siden sprekkeveggene er igjengrodd. Det mulige volumet av blokken er ca $50\,000\text{m}^3$ og et utfall har derfor lav konsekvens med et langt utløp mot fjorden. Vi klassifiserer denne lokaliteten som lavprioritet.

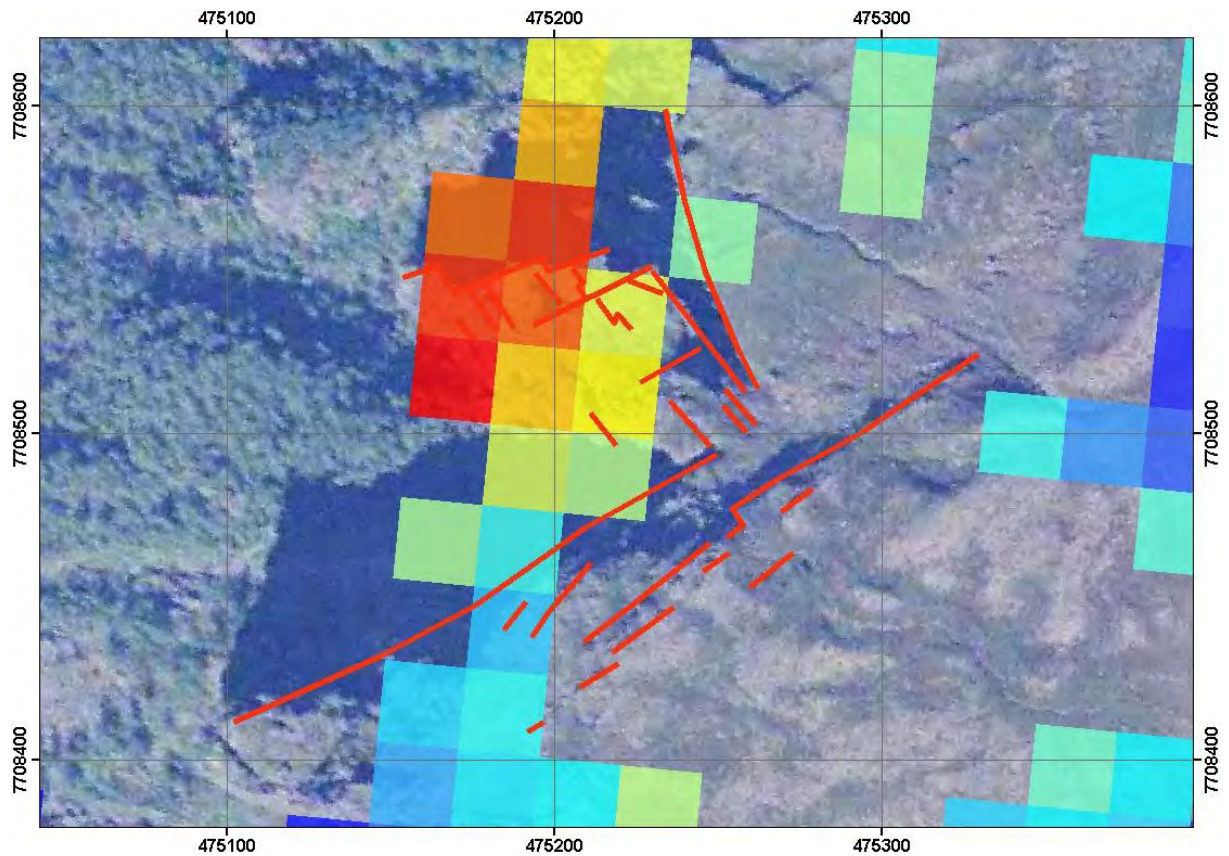
2.2.1.5 Hengfjellet

Hengfjellet ligger direkte nord fra Revdalsfjellet 5 (Figur 20) og er den nordligste i en rekke lokaliteter (Revdalsfjellet 1-5). Denne lokaliteten viser også to dominante sprekkeretninger; VSV-ØNØ og NNV-SSØ (Figur 33). To hovedstrukturer er observert i bakkanten av en blokk med stor vertikal (5m) og horisontal (10m) separasjon som danner en kileformet blokk. Selve blokken viser et hyppig mønster av begge sprekkeretninger, slik at blokken allerede er veldig oppdelt i minst 6 delblokker (Figur 34).

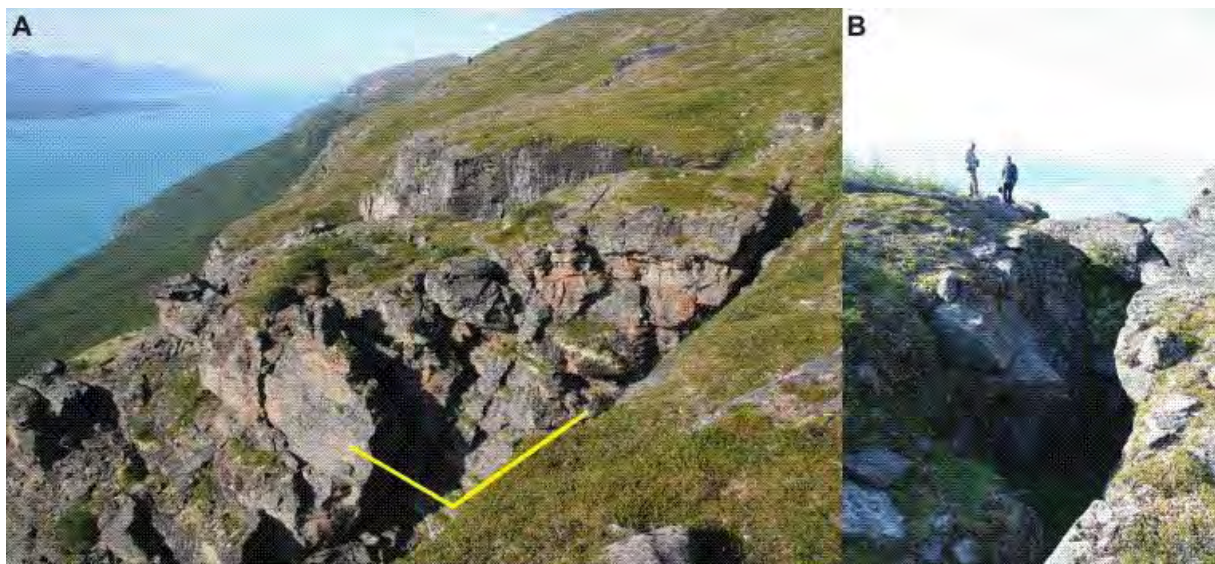


Figur 33: Utsnitt fra Norge i 3D (www.norgei3d.no) som viser lokaliteten Hengfjellet 2 sett fra nordvest.

InSAR-bildet viser også forholdet mellom bevegelse og de kartlagte strukturene. Dette viser et ganske entydig bilde av stor bevegelse (opp til 9mm per år) som er avgrenset til blokken (Figur 34).



Figur 34: InSAR bildet over Hengfjellet. Disse dataene viser at det er bevegelse i fjellsiden som er relatert til de kartlagte strukturer. De røde strekene på fotoet markerer kartlagte sprekker.



Figur 35: Bilder som viser de geologiske observasjoner på Hengfjellet.

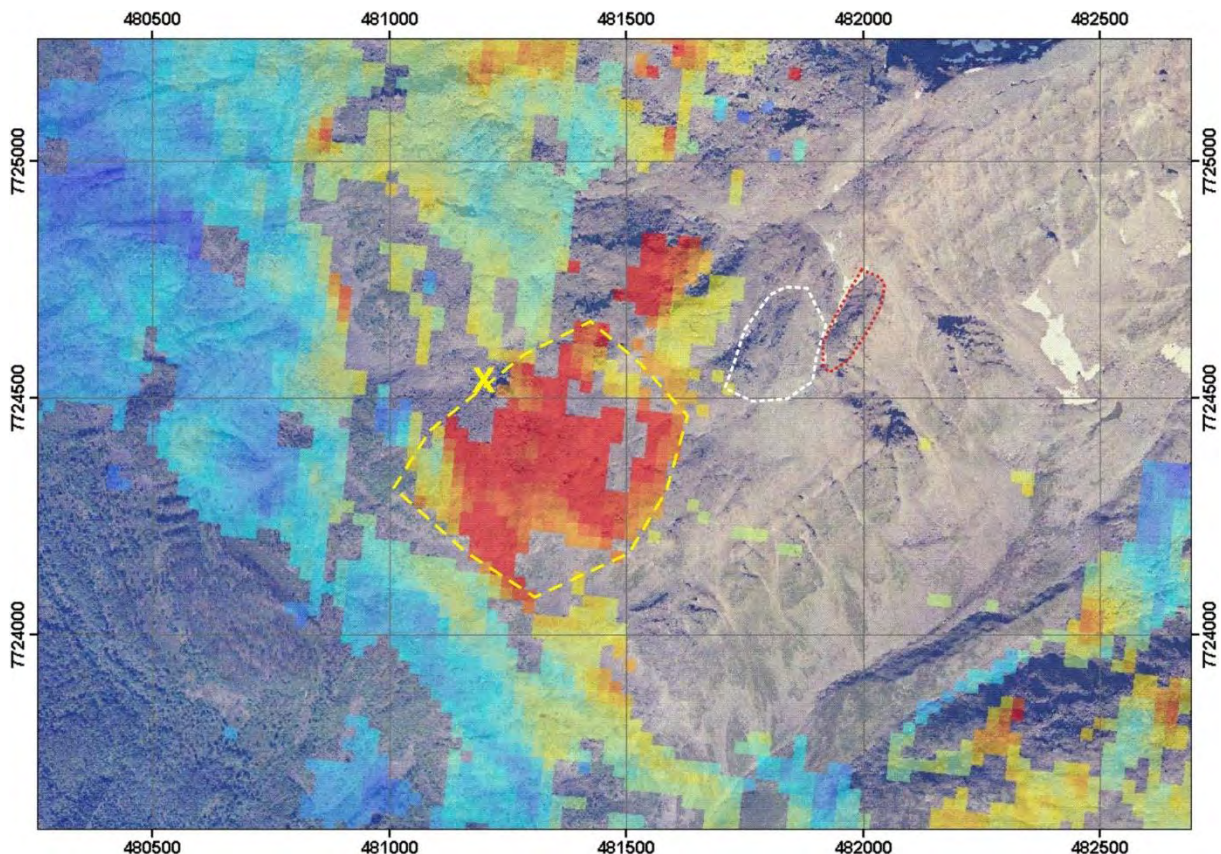
Figur 35 viser de geologiske observasjonene gjort på Hengfjellet. Figur 35a viser de to sprekkretningene i blokken (VNV-ØSØ og NNV-SSØ) med de gule linjene. Blokken er svært oppsprukket og den ytreveggen av blokken viser fersk steinsprang (Figur 35a).

Figur 35b viser en av de interne NNV-SSØ-gående sprekkene som deler opp blokken. Vi antar at disse sprekkene har en dybde på mange titalls meter og kanskje opp til 100m.

Med hensyn til sprekkehyppigheten, vertikal og horisontal separasjon og InSAR-data som viser bevegelse i samsvar med strukturene, anser vi denne lokaliteten som mulig aktiv og i bevegelse. Foreløpig volum av blokken er beregnet til ca 0,8 til 1,0 million m³. Dette er en relativt liten blokk, men den kan muligens nå fjorden hvis den løsner som en enhet. Blokken er imidlertid allerede oppdelt i flere delblokker som reduserer konsekvensene av utløsning. Likevel klassifiserer vi denne lokaliteten som en høyere prioritert lokalitet. Vi har derfor valgt å sette ut GPS-punkter på denne lokaliteten. Dette diskuteres i avsnitt 2.3.2.

2.2.1.6 Doronelva

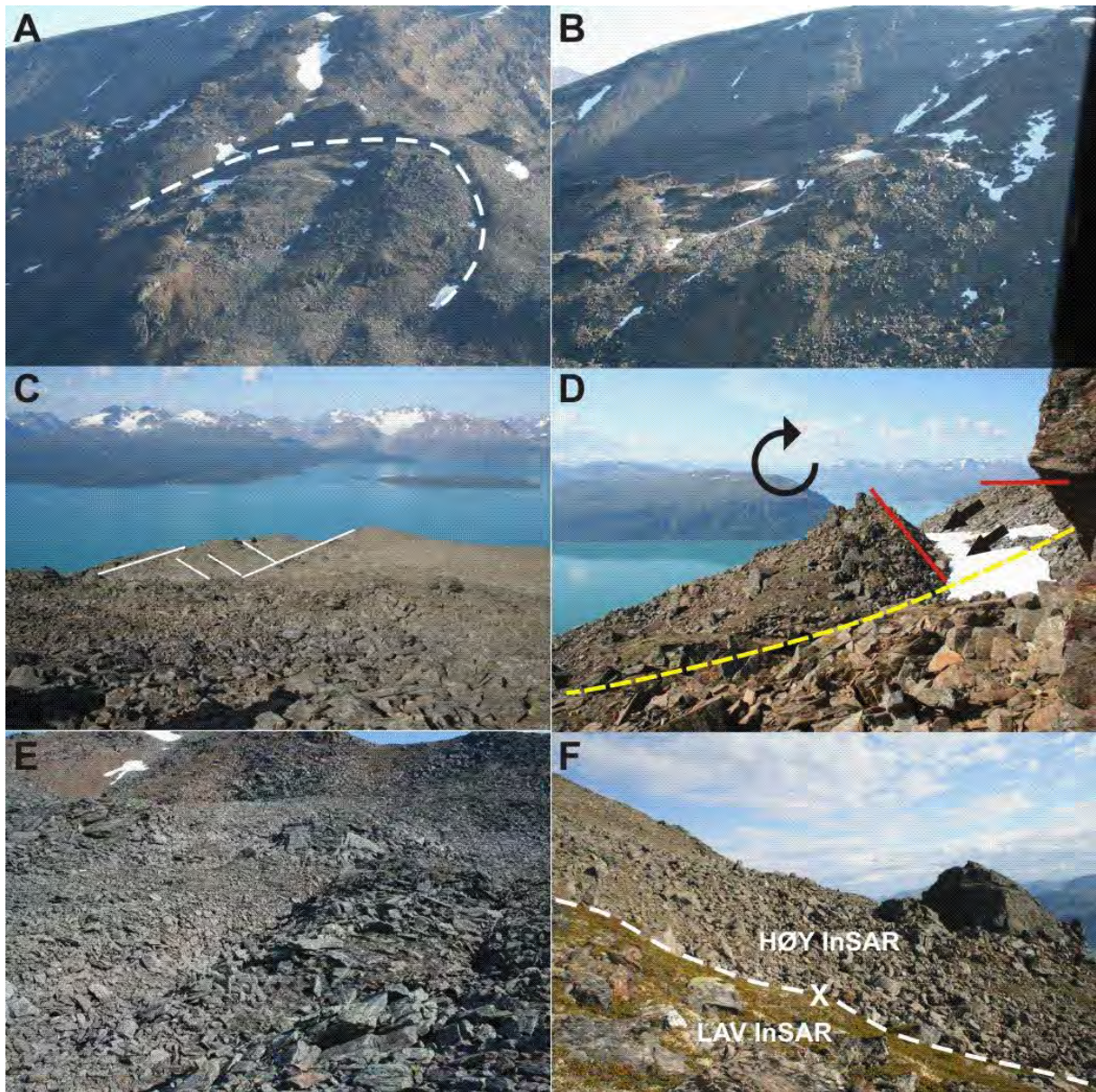
Lokaliteten Doronelva ligger på østsiden av Kåfjord ca. 5 km nord for Gavgavarri. Lokaliteten ligger i en fjellside som faller i sørvestlig retning ned mot fjorden hvor det er noe bebyggelse, samt E6. Lokaliteten peker seg ut på InSAR bildene med et 500m x 500m stort område hvor det er opp til 9mm bevegelse per år (området avgrenset med den gule linjen i Figur 36). Dette området er såpass stort at grunnen til bevegelsen måtte undersøkes.



Figur 36: InSAR bildet over Doronelva. Dataene indikerer at et større område er i bevegelse (den gule stiplede område), men bakkeundersøkelsene viser at dette sannsynligvis er overflatebevegelse. Den hvite stiplede område er et nedsynkningsområde som vises i Figur 37a. Den røde stiplede område er vist i Figur 37d.

Hele området som er vist i Figur 36 består av veldig løst og oppsprukket fjell hvor det er vanskelig å se noen strukturer i berggrunnen (Figur 37a og b). Ett område med tegn på utglidninger er observert (markert område på Figur 37a) men dette ser ut til å være

overflatestrukturer og ikke relaterte til gjennomgående sprekker. I noen få områder er det utviklet kartleggbare strukturmønstre i berggrunnen. Figur 37c viser et lite område hvor det er kartlagt SV-NØ og NV-SØ strukturer, men slike områder er sjeldne. Overflatedeformasjon er oftest mer diffuse og vanskelig å kartlegge, som vises i Figur 37e.



Figur 37: Bilder som viser de geologiske observasjoner på Doronelva. A- En av de nedsynkningsområder på Doronelva. Her er det ingen InSAR data. Dette er den hvitstiplet område på Figur 36. B- Oversiktsbilde av hele området som viser mye oppsprukket fjell. C- En av de få områder som målbare sprekkesystemer. D- En bakroterte ekstensjonsblokk som viser ca. 15 meter nedover bevegelse og rotasjon av blokken. De svarte pilene viser ekstensjonsplanet. E- Detalj av veldig oppsprukket fjell som er vanskelig å kartlegge. F- Kontakten mellom det høyhastighetsområde på InSAR vist som en gul stiplet linje i Figur 36. Dette viser at bevegelsen er sannsynligvis en overflateprosess.

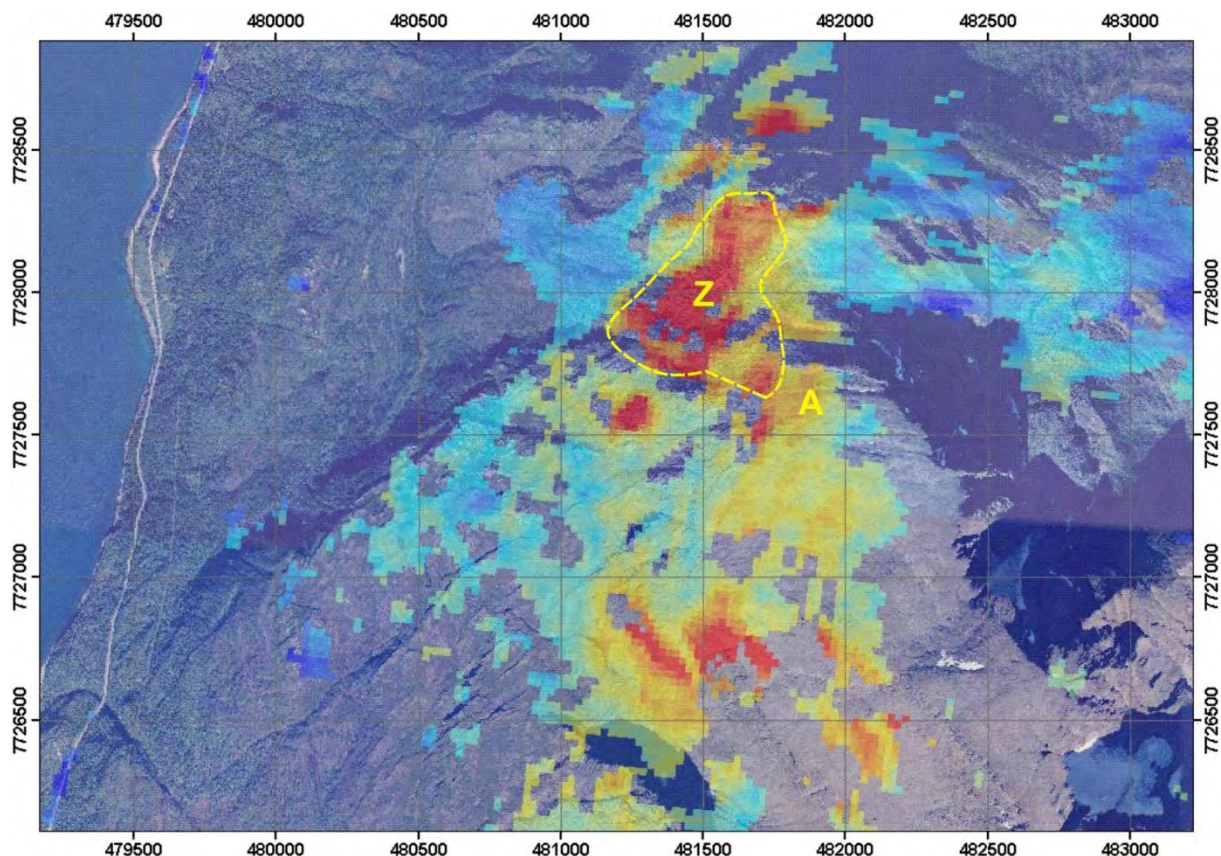
Figur 37d viser en av de få gjenkjennelig blokker som har tydelig separasjon fra fjellsiden (området avgrenset med det røde linjen på Figur 36). Det viser en blokk som er ca. 50m lang og 10 m bred som har beveget seg ca. 15m nedover fjellsiden langs NØ-SV gående sprekker. Parallelle sprekker kan antydes over hele fjellsiden men overflaten er så pass oppløst at sprekke er vanskelig å kartlegge (Figur 37e). Det området som viser bevegelse på InSAR-

dataene (Figur 36) er et slikt område med veldig lite gjenkjennelige strukturer som kan kartlegges. Dette vises i Figur 37d. Området består av et meget uniformt blokkfelt i overflata. Det antas at dette er et overflatefenomen og at bevegelse på InSAR representerer en overflateprosess og ikke er relatert til bevegelse i relasjon til sprekker. Den nordvestre kanten av området (markert med en X på både Figur 36 og Figur 37f) er sett i felt som en gradvis overgang mellom blokkfelt og uberørt gress og torv. Dette underbygger tolkingen av en bevegelse i overflatematerialet.

For å oppsummere, InSAR viser et betydelig område som beveger seg ganske rask, men feltobservasjonene viser at dette sannsynligvis er en funksjon av overflateprosesser. Ingen tydelig sprekker er observert og ingenting tyder på at det er fjellblokker som beveger seg nedover mot fjorden. Derfor klassifiserer vi denne lokaliteten som lavprioritet.

2.2.1.7 Nordmannviktinden

Denne lokaliteten ligger på samme side av fjorden som Doronelva, ca. 3,5km lenger nord. InSAR-bildet (Figur 38) viser et stort område som beveger seg opp til 8-9mm nedover fjellsiden (området markert Z og Figur 39f).

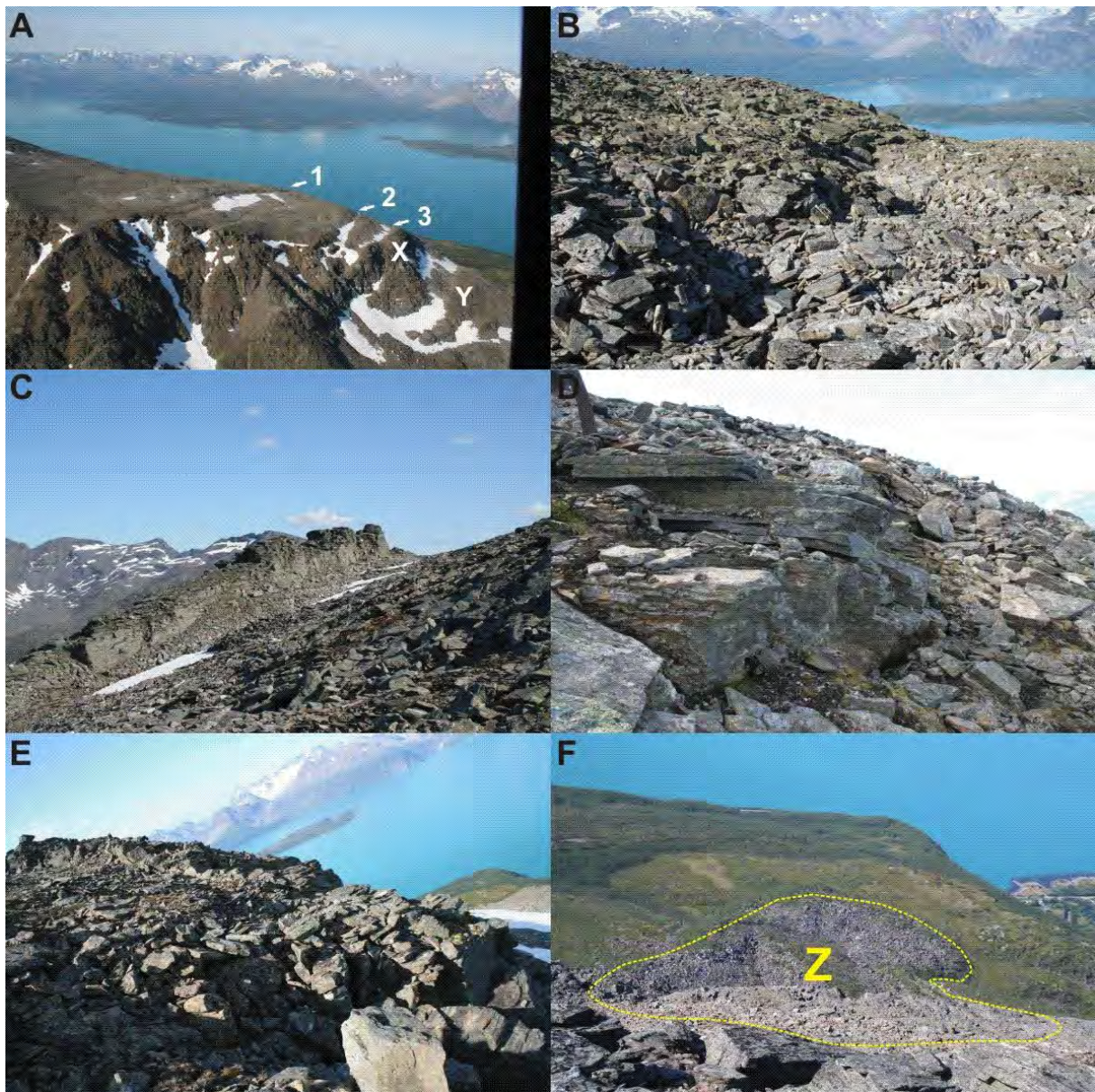


Figur 38: InSAR bildet over Nordmannviktinden. Det viser et større område som er i bevegelse. Området markert med Z er et større området med høy hastighet. Dette er diskuterte i teksten. Et område med kartleggbare sprekker er markert med A.

Det øverste området (som er vist på Figur 38 med A og i Figur 39a) har en antydning til bevegelse på InSAR. Her har vi observert 3 Ø-V lineamenter som krysser fjellsiden (Figur 39a). Den første, som er lengst sør, har et utydelig uttrykk på overflaten og er delvis dekket av løsmateriale (Figur 39b; markert 1 på Figur 39a). Den vertikale separasjon kan være opp til

50cm men horisontal separasjon er vanskelig å bedømme. Lagdelingen i fjellet er nesten horisontal og vi ser heller ikke noen sprekkeretninger som kan være gunstig for utglidning. Figur 39c og Figur 39d viser de to andre sprekkene (Figur 39d viser den sprekkene som er markert 2 på Figur 39a, og 38c viser sprekkene som er markert 3 på Figur 39a). Sprekke 2 vises tydeligere på overflaten en sprekk 1 og har opp til en meter vertikal separasjon. Horisontal separasjon er vanskelig å bedømme. Sprekke 3 har en 3 meter forkastning mot sør slik at en grabenstruktur er dannet mellom sprekk 2 og 3 på Figur 39a. Horisontal separasjon er vanskelig å bedømme på sprekk 3.

Fremkanten av fjellblokken foran sprekk 3 ser ut til å være delvis aktiv. Figur 39e viser at en 2-3m bred sone på utkanten av fjellet (markert X på Figur 39a) er veldig oppsprukket. Ved punktet markert Y på Figur 39a er det tegn til aktiv steinsprang. Området hvor det er størst bevegelse på InSAR bildet i Figur 38 (området markert med Z og på Figur 39f) består av løs stein på overflate som ser ut til å være steinsprangsavsetninger fra plataet. Derfor ser det ut som om InSAR dokumenterer overflateprosesser i dette området.



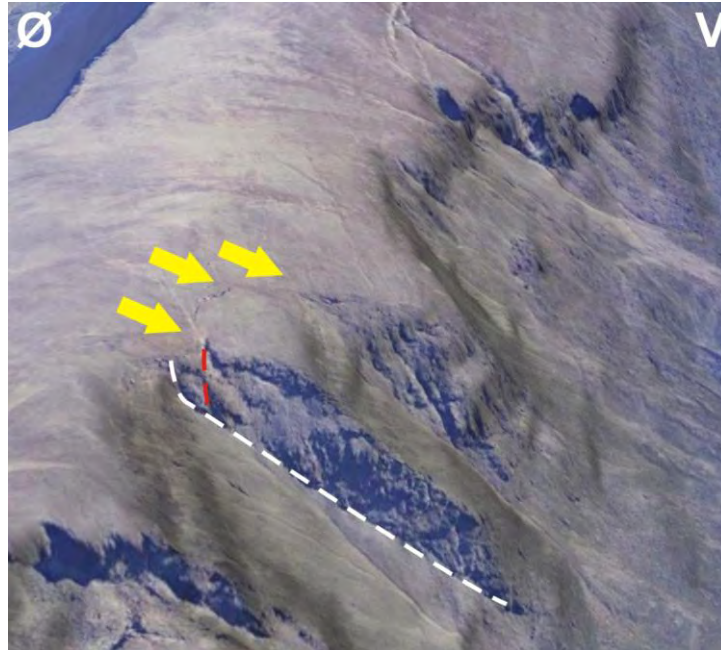
Figur 39: Bilder som viser de geologiske observasjoner på Nordmannviktinden. A- Utsikt fra luften som viser de forskjellige parallelle lineamenter. B- Lineamenten betegnet 1 på A. C- Sprekke 3, markert 3 på Figur 39a. D- Sprekke 2 markert 2 på Figur 39a. E- Den ytre delen av fjellsiden foran sprekke 3 som viser en veldig oppsprukket fjellside og mye steinssprangsaktivitet. F. Området markert Z på Figur 38. Det viser seg at den høyhastigheten er fra bevegelsen i løsmassen.

Det er litt tegn til bevegelse i fjellsiden ved de tre sprekkene oppe på fjellplatået. Mesteparten av bevegelsen er lokalisert i dalsiden i det som ser ut til å være løs stein. Vi tolker derfor bevegelsen sett fra InSAR fra denne lokaliteten som en overflateprosess som ikke er relatert til sprekker i dybden. Vi klassifiserer denne lokaliteten som lavprioritet, selv om det er tegn til bevegelse i løsmassene, og selv om vi ikke kan utelukke bevegelse i fjellsiden.

2.2.1.8 Gamanjunni 2

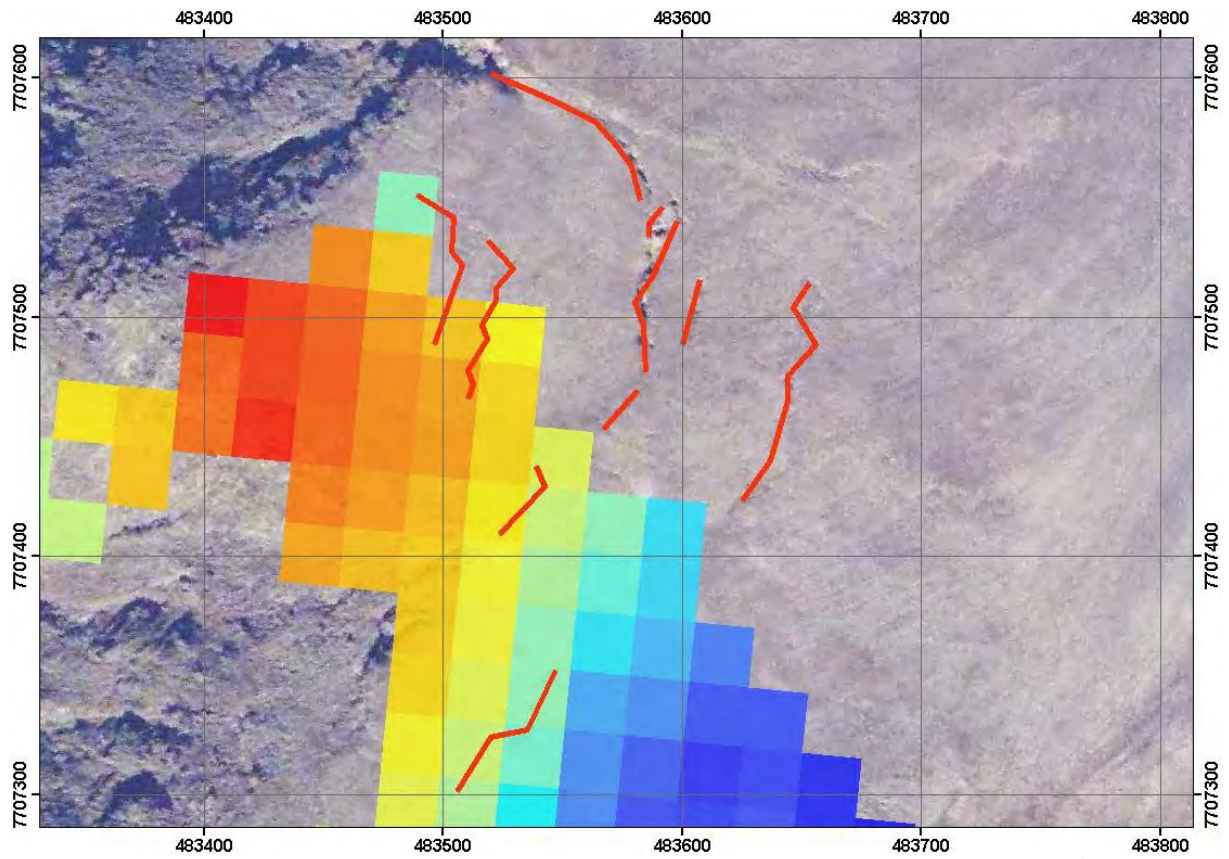
Denne lokaliteten ligger ca. 1km nord for Gamanjunni 1, som har blitt studert i detalj og beskrevet i avsnitt 2.1.7. Gamanjunni 2 har mange av de samme geologiske og geometriske parametrene som ble sett på Gamanjunni 1. Lagdeling i fjellsiden faller mot dalen, med en litt

høyere vinkel på Gamanjunni 2 (25°) enn på Gamanjunni 1 ($15-20^\circ$). Flere diskontinuerlige baksprekker danner en kurvformet bakkant til blokken (Figur 40). Dette tyder på en bevegelse av fjellsiden ut mot dalen (pilene i Figur 40). Selv om det ikke er observert, antar vi at det er et lavvinklet glideplan som kontrollerer sprekken som ligger under blokken (hakkert hvitlinje i Figur 40).



Figur 40: Utsnitt fra Norge i 3D (www.norgei3d.no) som viser lokaliteten Gamanjunni 2 sett fra nordvest. Gamanjunni 1 ligger lengst bak i bakgrunnen. Gule piler viser den bakerste sprekk. Den røde stiplete viser den bakerste ekstensjonssprekke på snitt. Den hvite stiplete linjen viser det mulige glideplanet.

Flere parallelle, kurvformete sprekker er sett i bakkanten av blokken (Figur 41). Alle av disse sprekkenes er diskontinuerlige. Dette tyder på at blokken ikke er helt utløst fra fjellsiden og kanskje er i en tidlig fase av utvikling mot et eventuelt fjellskred. Derimot viser InSAR et entydig bilde av at fjellsiden er i bevegelse. Dette er opp til 6-7mm per år (Figur 41). Bevegelsesmønsteret på InSAR-bildet viser et godt samsvar med de kartlagte strukturene som dermed underbygger denne observasjonen.



Figur 41: InSAR bildet over Gamanjunni 2. InSAR-dataene gir tydelige indikasjoner på bevegelse. Kurvede bakksprekker er vist med røde streker. Strukturene i berggrunnen viser godt samsvar med InSAR dataene



Figur 42: Bilder som viser de geologiske observasjoner på Gamanjunni 2. A- Området sett fra luften. Den største baksprekke er markert med en gul pil. Noen interne sprekker er markert med hvit pil. B- Typisk sagtann geometri i baksprekken. C- Enn av de mindre interne sprekker som gjør en depresjon i overflaten. D- ferske aktivitet i baksprekken. E- Ferske synkehuller i baksprekken som forstyrrer mosen.

Observasjonene gjort på bakken bidrar til å bekrefte og underbygge signalene på bevegelse fra InSAR. De geologiske observasjonene presenteres i Figur 42. Figur 42a viser lokaliteten fra helikopteret. Dette viser flere segmenterte sprekkesegmenter i bakkanten av blokken (gul pil), men også at blokken er delvis oppsprukket internt (hvit pil). Figur 42b viser en tydelig 'sagtann' geometri på en av hovedsprekkene i bakkanten. Figur 42c viser detaljer på same forkastningen og viser at den horisontale separasjonen er ca. 2m med en mindre vertikal separasjon på ca. 40cm. Forskjellen mellom horisontal og vertikal separasjonen underbygger at det kan være bevegelse på et lavvinklet glideplan. I tillegg viser Figur 42c at det jordmonnet som lå over sprekkene før den ble dannet delvis har ramlet inn i sprekkene. Vi tolker dette som bevis på nylig aktivitet. Figur 42d viser en annen av hovedbaksprekkene hvor mose har vokst på jordmonnet over sprekkene. Her vises det et synkhull som er dannet i jordmonnet. Vi tolker også dette som et tegn på aktiv bevegelse som underbygger det som er kommer fram på InSAR data.

Blokken er ca. 150m lang x170m bred med en ukjent dybde fra 50-100m. Dette utgir et foreløpig volum på ca. 1,3 til 2,6 millioner m³.

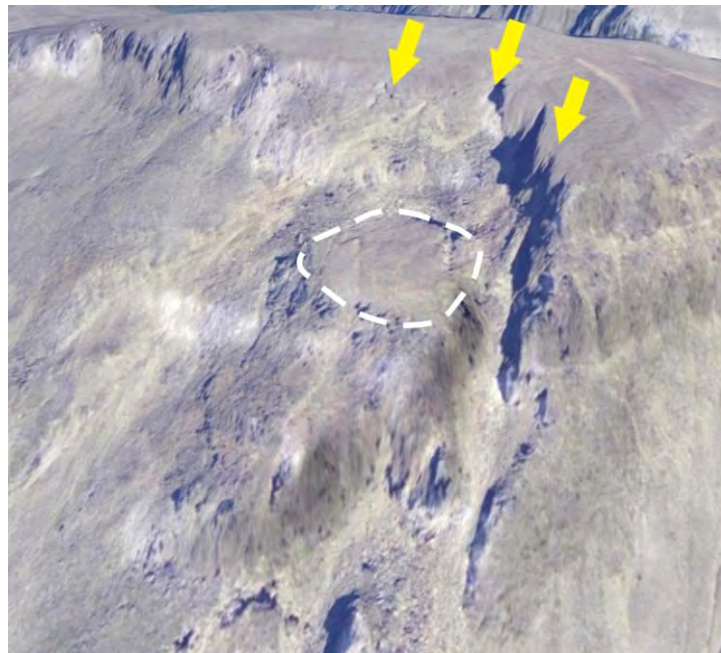
Ut ifra de observerte sprekkene, deres tegn på fersk aktivitet og InSAR-data som er i samsvar med strukturene klassifiserer vi denne lokaliteten som sannsynligvis aktiv. Det relativt stort volum og kort utløp til den bebodde dalen og en vesentlig elv i dalbunnen betyr at vi betegner denne lokaliteten som høyprioritet. Derimot er det ikke mulig å etablere differensielle GPS punkter på denne lokaliteten av samme grunn som på Gamanjunni 1; det er svært dårlig og

løst fjell slik at boring for å få ankerfeste for antennene er umulig. LIDAR er heller ikke noe mulighet siden fjellsiden er betydelig overdekket av jordmonn.

Vi anbefaler at denne lokaliteten følges opp med mer detaljert kartlegging, fotografering av sprekken fra år til år for å fange opp en mulig utvikling i sprekkeåpning og mer detaljert arbeid med InSAR for å kunne si noe om mulig akselerasjon gjennom årene.

2.2.1.9 Gamanjunki 3

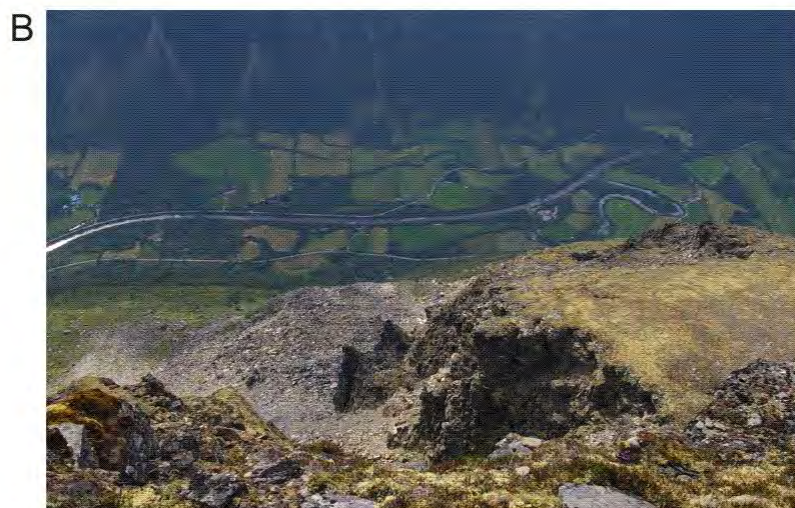
Gamanjunki 3 ligger ca. 600m nord fra Gamanjunki 2 på samme side av dalen. Lokaliteten er vist i Figur 43. Her er det kartlagt et mer organisert sprekkemønster enn på Gamanjunki 2 hvor sprekken er kurvformete. På Gamanjunki 3 er det observert VSV-ØNØ gående sprekker som danner den sørligste baksprekken til lokaliteten. Et annet sett av NNV-SSØ gående sprekker danner den østlig bakkanten. Bevegelse langs disse strukturene, med opp til 100m nedover mot dalen (Figur 44b) har dannet en løs blokk som er ca. 180m lang x 140 meter bred og opp til 150m i dybden (den stiplede linjen på Figur 43). Dette utgir et foreløpig volum på ca. 3,8 millioner m³.



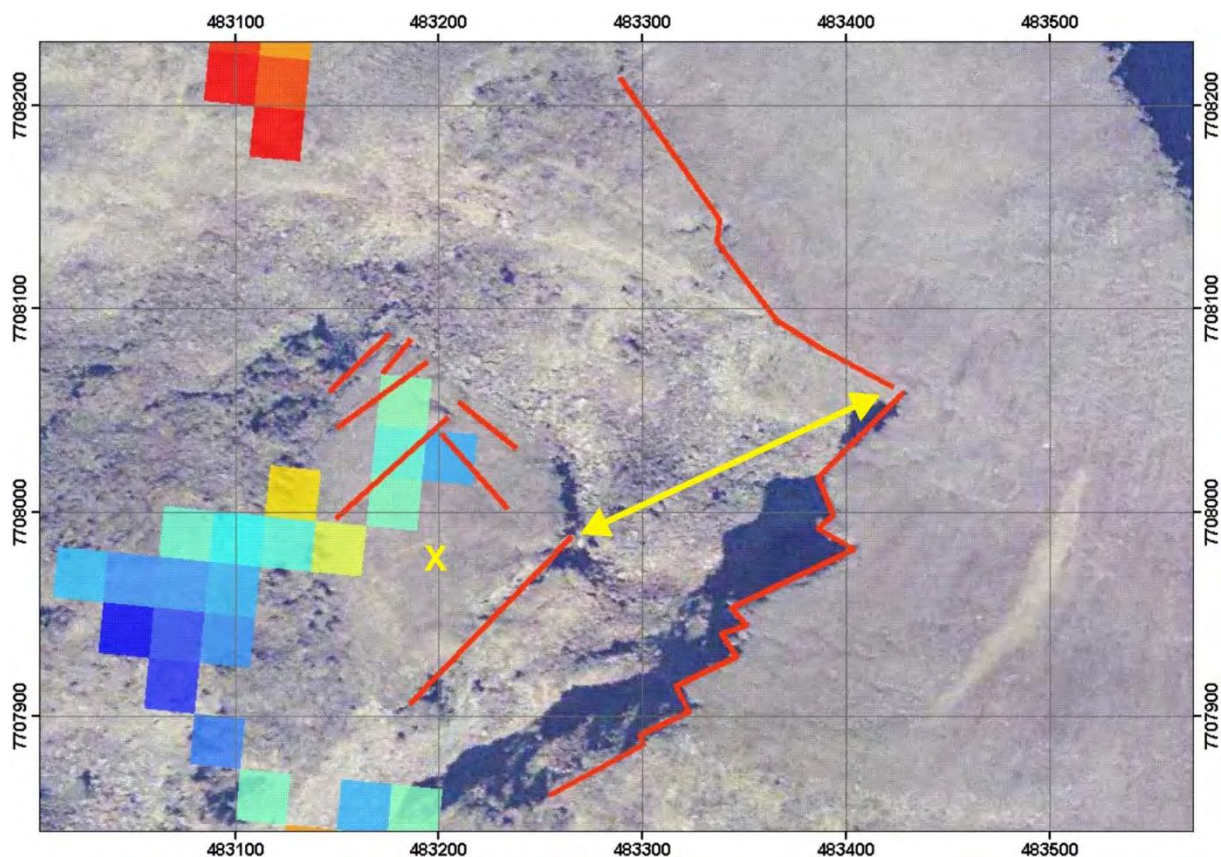
Figur 43 Utsnitt fra Norge i 3D (www.norgei3d.no) som viser lokaliteten Gamanjunki 3 sett fra vest. Gule piler viser baksprekken og den hvite stiplede linjen viser omfanget av den ustabile blokken.

Den horisontale separasjonen er ca. 120m, noe som tyder på utglidning på en struktur som faller ca. 45° mot dalen. Lagdeling i fjellet faller imidlertid bare med 15-20 grader mot dalen (blokken er markert X på Figur 44a). Strukturene som kontrollerer utløsingen må derfor kutte lagdelingen. Disse strukturene har vi ikke observert i felt.

Det er ikke observert oppdeling av blokken verken i felt eller på flyfoto (Figur 45). Dessverre er InSAR dekning over Gamanjunki 3 svært dårlig (Figur 45). Det er ikke mulig til å si noe om bevegelse fra InSAR.



Figur 44: Bilder som viser de geologiske observasjoner på Gamanjunni 3. A- Den nedadgående blokken sett fra bak bakskrenten. B- Aktive steinsprangsavsetninger sett ovenifra. C- Aktive steinsprangsavsetninger sett fra dalen. Dette er et godt bevis på aktiv bevegelse i blokken. D- Bevis for aktiv erosjon av bakskrenten ved steinsprang.



Figur 45: InSAR bildet over Gamanjunni 3. Kartet viser at det er veldig lite InSAR data til å gå på. De røde strekene viser kartlagte sprekker. Den ustabile blokken er markert med en X. Pilen viser hvor langt blokken har allerede beveget seg.

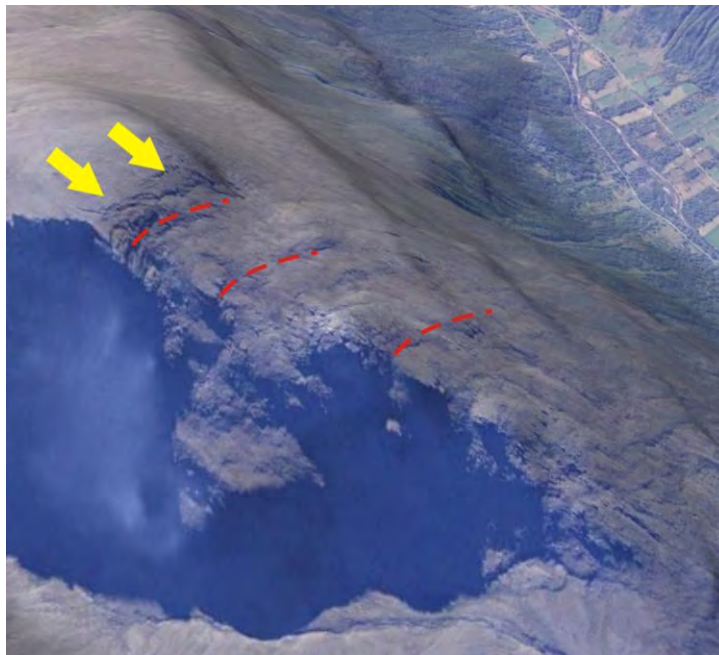
Derimot er det noen feltobservasjoner som bidrar til tolkningen av aktiviteten på lokaliteten. Figur 44 viser observasjonene gjort i felt. Figur 44b viser at det er mye steinsprangsavsetninger foran blokken. Figur 44c viser utsikt fra dalen opp mot blokken og viser at disse avsetningene ser fersk ut. Figur 44d viser bakskrenten av den NNW-SSØ gående sprekken bak blokken. Her er det også bevis for at forkastningen er utstabil i form av hyppig steinsprang fra veggen. Disse siste to observasjoner antyder at hele blokken kan være ustabil.

I tillegg til den dårlig InSAR-dekning er det ikke mulig å sette ut GPS punkter på denne lokaliteten av samme grunn som Gamanjunni 1 og Gamanjunni 2. Denne lokaliteten kan kanskje følges opp med LIDAR-analyser over flere for å avgjøre om det blokken beveger seg.

Denne lokaliteten bør anses som høyprioritet på grunn av det estimerte volum og indirekte bevis for bevegelse fra aktive steinsprangprosesser observert på fjellsiden. Fjellsiden er bratt ned til den bebodde dalen og utløpet er kort. Det kan derfor være moderate til høye konsekvenser for denne lokaliteten.

2.2.1.10 Brustraum

Denne lokaliteten ligger ca. 2km sør for Gamanjunni 1, på østsiden av Manndalen. Flere SV-NØ gående lineament som har mer eller mindre synlig i topografien er sett fra luften (Figur 46) Det er noe tegn til en NV-SØ gående sprekkeretning. Det lengste lineamentet som har tydelig vertikal separasjon er den som ligger lengst bak (øst) på fjellsiden (gul pil på Figur 46 og Figur 47).



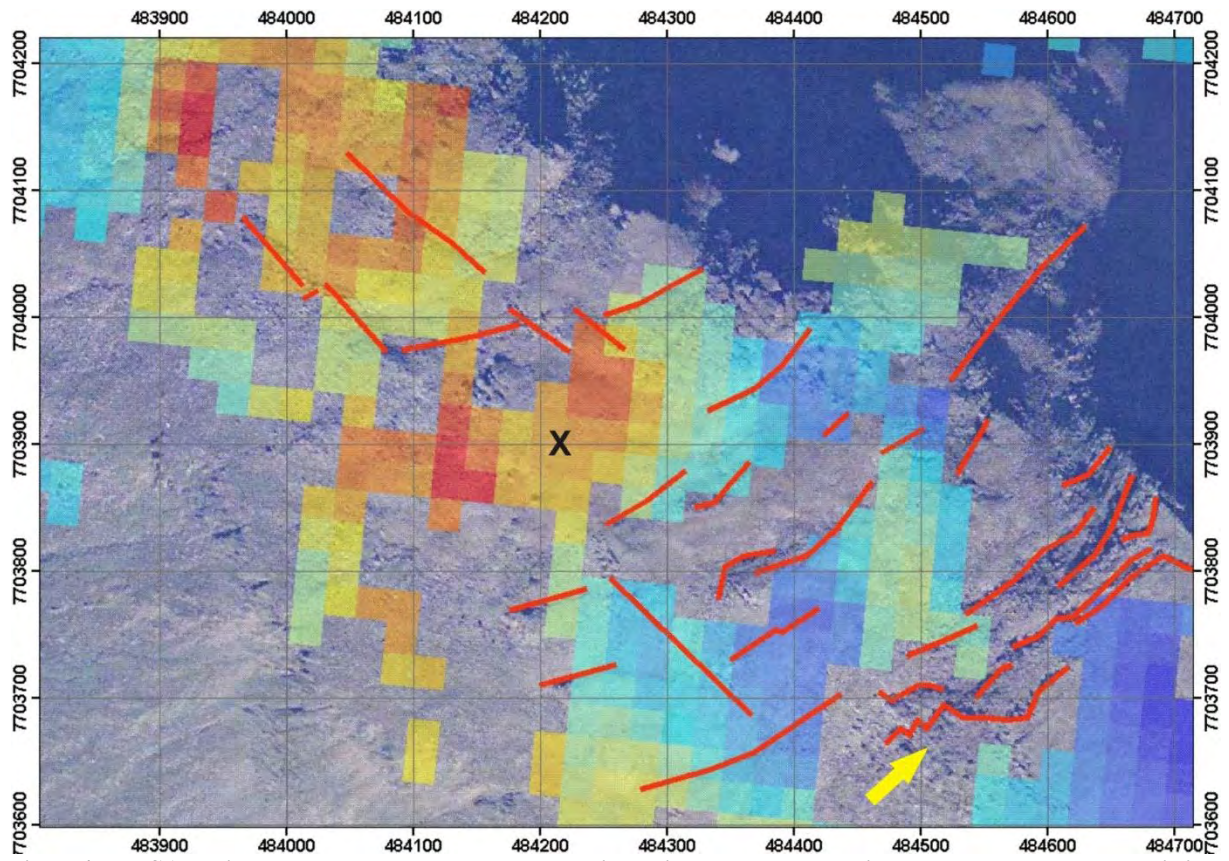
Figur 46: Utsnitt fra Norge i 3D (www.norgei3d.no) som viser lokaliteten Brustraum sett fra nord. Gule piler viser den østlige bakkanten av det oppsprukket område.

InSAR-bildet (Figur 47) viser en variabel dekning. Det forholdsvis dårlige InSAR bildet er sannsynligvis relatert til de store gress- og torvdekket overflatene på fjellsiden. Den delen av fjellsiden som ligger lengst øst, og antatt å være stabil, vises på InSAR bildet som stabilt (blå farge). Vest for den første NØ-SV gående strukturen er det et mer variabelt InSAR-mønster, men selv om det er mange strukturer observert, er det lite tegn til bevegelse i dataene fra den mest østlige del av fjellsiden.

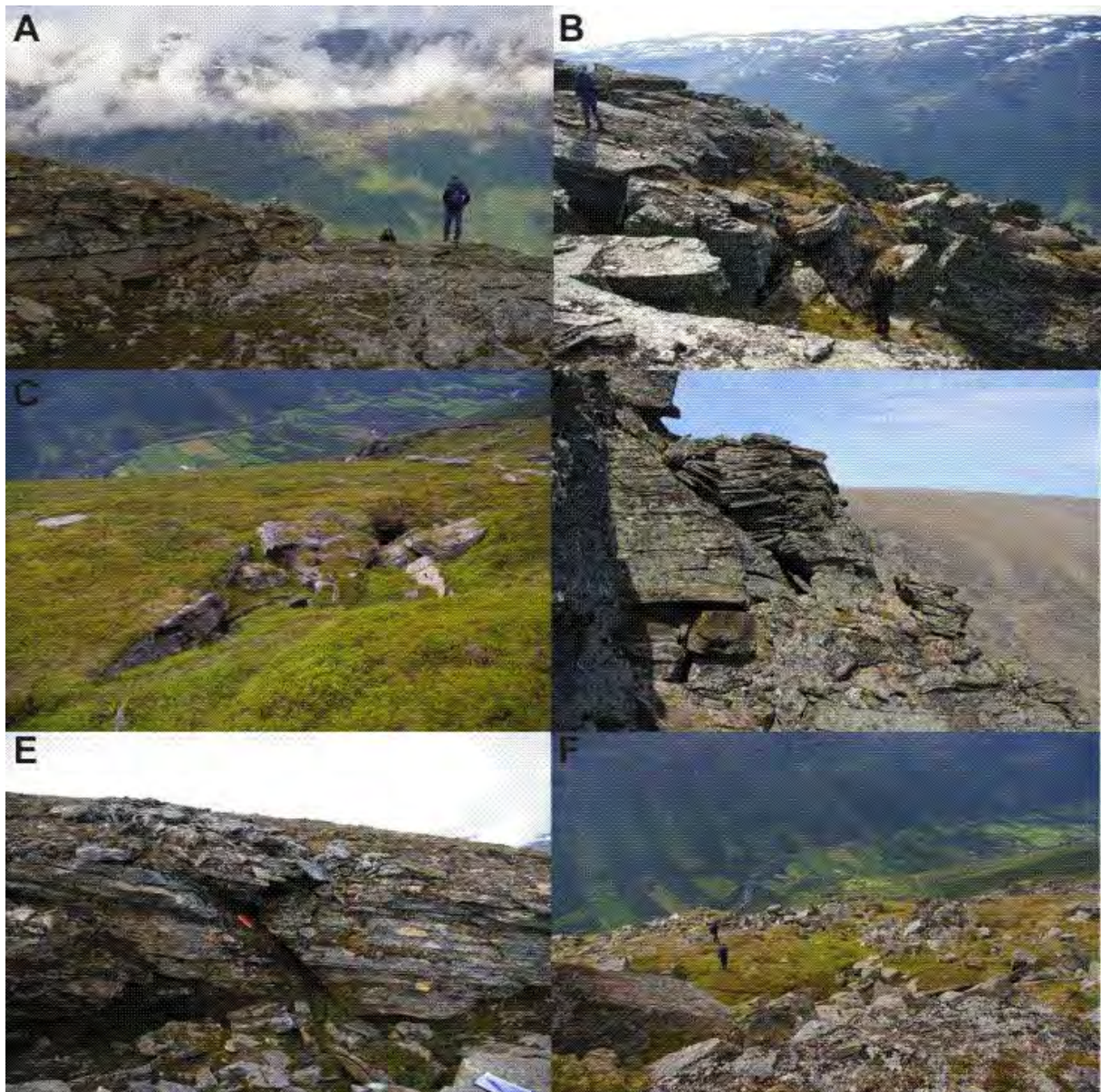
Figur 48a viser en av de større NV-SØ gående forkastningene. Denne viser en vertikal separasjon på ca. 1m, meningen horisontal separasjon. Forkastningen ser relativt igjengrodd ut og det er ikke noe særlig tegn til aktivitet, verken i bakken eller fra InSAR bildet. I området lenger vest (nedover) på fjellsiden er det mange NØ-SV gående sprekker. InSAR viser ingen bevegelse. Her ser sprekke også igjengrodd ut og ikke særlig gjennomgående (Figur 48b og c).

Lagdelingen på fjellsiden er nesten horisontalt og dermed er ugunstige for utglidning. Derimot er det observert moderatvinklede sprekke-glidesoner som har en vinkel på ca. 50-60°. Disse kan ha opererte som utglidningssoner (Figur 48d og e).

I et område lenger vest og nedover på fjellsiden (markert X på Figur 47) er det bedre InSAR-dekning. InSAR-dataene viser 4-5mm nedsynkningsbevegelse per år her. Derimot er det mindre tydelige sprekker i dette området. Figur 48f viser et typisk bilde av dette området. Dette ser ut som et gammelt blokkfelt som har grodd igjen. Det er ingen tegn til verken igjengrodd eller åpne sprekker og vi tolker bevegelsen som dokumenteres på InSAR som en overflatebevegelse av enten jordmonn eller løse blokker.



Figur 47: InSAR bilde over Brustraum. Den gule pilen viser den mest østlige baksprekke. De røde linjer viser de kartlagte sprekker. Området markert med en X er i høyest bevegelse. Vi tolker dette som overflatebevegelse som ikke er relatert til sprekkedannelse (se tekst for detaljene).



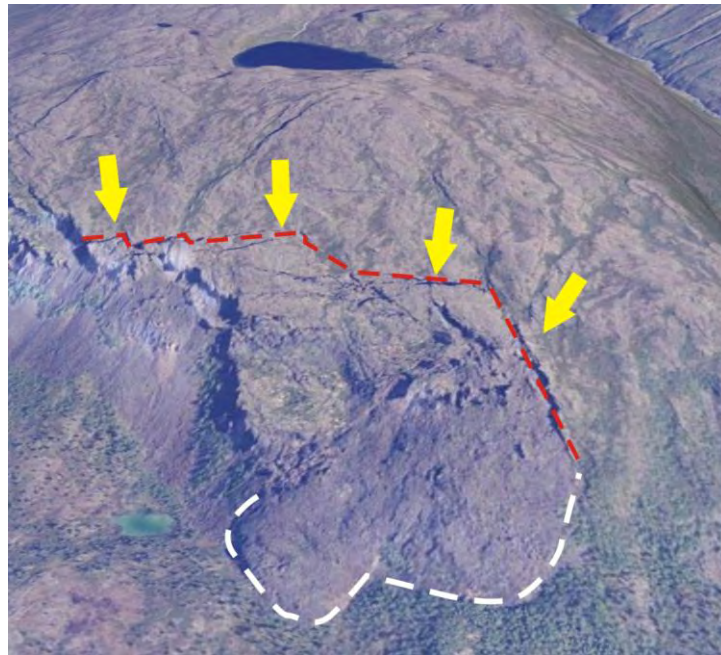
Figur 48: Bilder som viser de geologiske observasjoner på lokaliteten Brustraum. A- En typisk NV-SØ sprekk med opp til en meter vertikalt bevegelse. Horisontalt bevegelse er lite. B- Den veldig oppsprukket området direkte vest for baksprekken C- En typiske NV-SØ sprekk. D- Moderat vinklede sprekker som kan opptre som glidesoner. E- Moderat vinklede sprekker som kan opptre som glidesoner. F- Den høybevegelsessone på InSAR (Figur 47) er ikke relatert til sprekker og derfor ser ut til å være overflatebevegelse.

Ettersom det ikke er mulig å avgrense et spesifikt område som kan være i bevegelse er det heller ikke mulig å definere et volum. Det er observert strukturer som kan lede til fremtidig utvikling av ustabilitet, men den delen av fjellsiden som viser mest vertikal separasjon viser ingen bevegelse på InSAR. I tillegg, den delen av fjellsiden som viser bevegelse på InSAR, viser sannsynligvis overflatebevegelse. Vi klassifiserer derfor denne lokalitet som lavprioritet.

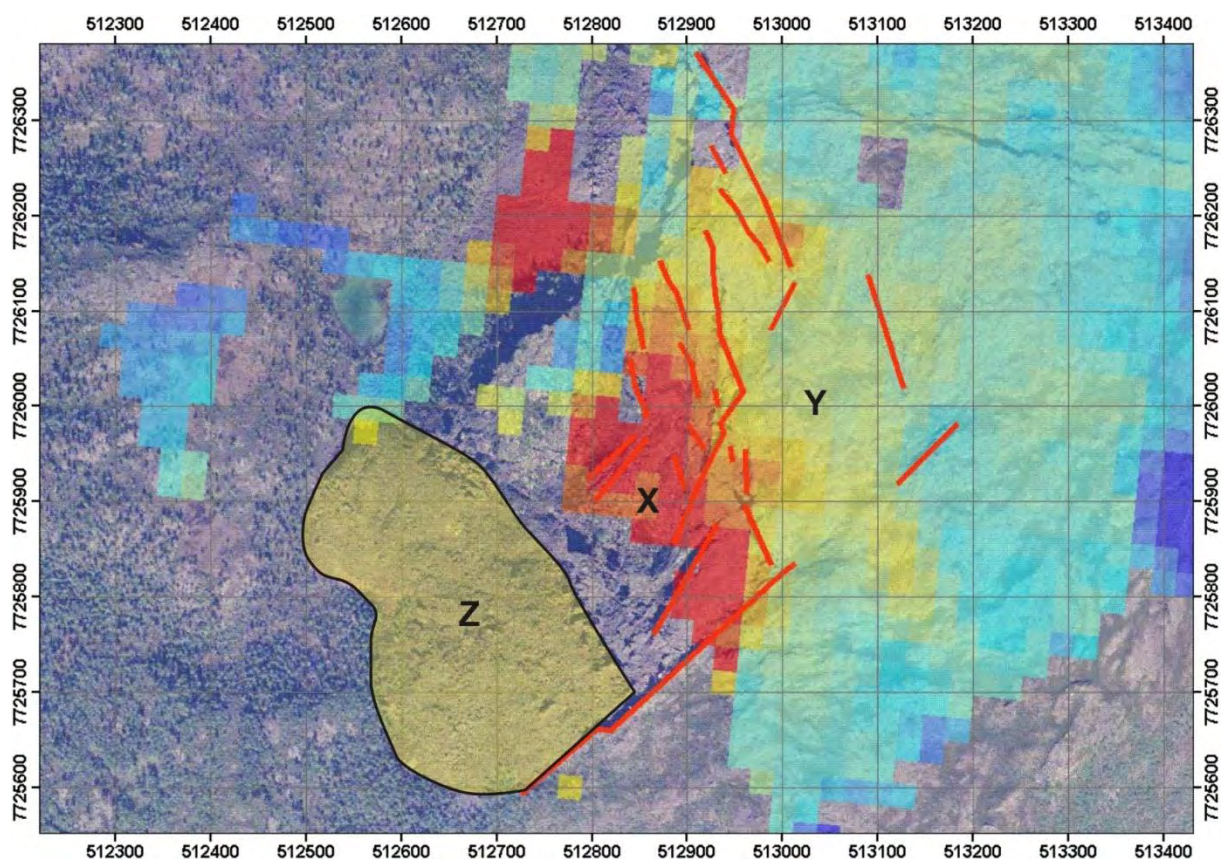
2.2.1.11 Mellomfjellet 1

Denne lokaliteten ligger ca. 1,5 km nord fra lokaliteten Dorrisdalen og ligger også på østsiden av Reisadalen (Figur 49). Lagdeling i fjellsiden faller mot dalen med en vinkel på ca. 15-25°, noe som egentlig er en for lav vinkel til at fjellet kan gli langs sprekker som følger

lagdelingen. Flere diskontinuerlige baksprekker er observert. Disse har to retninger: NNV-SSØ og SV-NØ og danner en kilformet blokk (Figur 50 som tyder på en bevegelse av fjellsiden ut mot dalen (pilene i Figur 49). Selv om det ikke er observert, antar vi at det er en lavvinklede glideplan parallelt med lagdelingen som kontrollerer sprekken som ligger under blokken. InSAR-bildet (Figur 50) viser at blokken kan deles opp i to forskjellige del-blokker. Blokk X har høyere hastighet (opp til 7-9mm per år) og er begrenset av en tydelig NNV-SSØ baksprekk. Blokk Y ligger bak blokk X og har en lavere hastighet (2-3m per år). Baksprekken til blokk Y er mindre kontinuerlig i overflaten. Et betydelig område med steinsprang er observert nedenfor blokk X (innenfor den hvite stiplede linjen i Figur 49 og område Z på Figur 50). Avsetningen er klart avgrenset i sør av den sørligste SV-NØ strukturen, noe som tyder på at kildeområdet er meget strukturkontrollert.

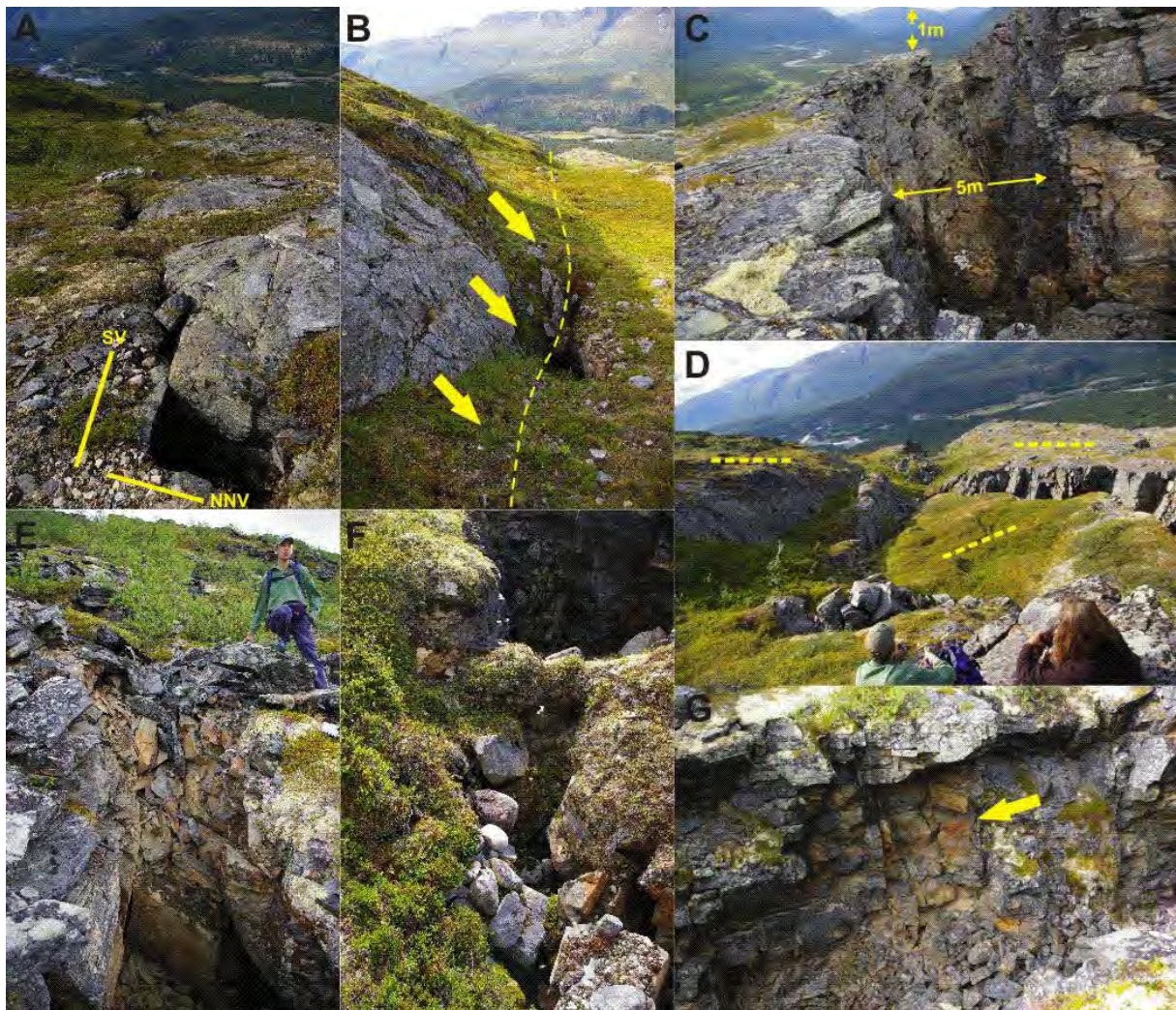


Figur 49: Utsnitt fra Norge i 3D (www.norge3d.no) som viser lokaliteten Mellomfjellet 1 sett fra vest. De gule pilene viser den stabile fjellside øst for baksprekken, den røde linjen er den bakerste sprekke og den hvite linjen avgrenser steinavsetninger fra nylig aktivitet.



Figur 50: InSAR bildet over Mellomfjellet 1. X marker et område som er i høy bevegelse (opp till 9mm per år). Y viser et område som er i mindre bevegelse (2-3mm per år). Z markerer et område med nye steinsprangsavsetninger.

Vektorene i Figur 51a viser bevegelsesretning i blokken meget tydelig og demonstrerer at bevegelsen er mot SV; parallelt med de SV-NØ orienterte strukturene. Figur 51b viser at det også er bevegelse nedover på de SV-NØ orienterte strukturene slik at bevegelseskinematikken er komplisert. Bevegelsen på denne sprekken ser i midlertidig gammelt ut. Med en bevegelsesretning mot SV betyr det at det meste av ekstensjonen er tatt opp på den NNØ-SSØ gående sprekkeretningen. Dette er demonstrert i Figur 51c som viser en av flere hovedsprekker som danner bakkanten til blokk X. Sprekken har en mye større horisontal komponent (5m) enn vertikal komponent (1m). Dette mønsteret stemmer med et veldig lavvinklet glideplan. I noen blokker er det observert bakrotasjon av blokkene i tillegg til utglidning. Dette vises i Figur 51d. Dette kan tyde på et komplekst utglidningssystem med flere blokker i bevegelse i flere forskjellige retninger, med et ikke-planart glideplan. Figur 51e-g viser tegn til aktivitet i blokken. Figur 51e viser en SV-NØ gående sprekk hvor det har vært nylig steinsprang. Figur 51f viser en NNØ-SSV gående sprekk som forstyrrer vegetasjonen. Figur 51h viser en NNØ-SSV gående strukturer hvor det er disintegrasjon av sprekkeveggen. Alt dette tyder på at det er aktivitet i fjellsiden, noe som underbygger observasjonene fra InSAR.

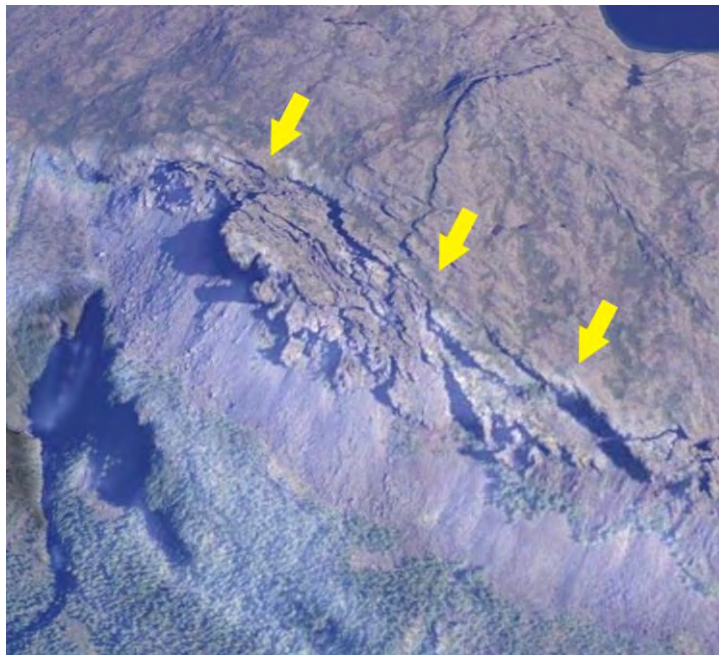


Figur 51: Bilder som viser de geologiske observasjoner på Mellomfjellet 1. A- De to sprekkeretningene som viser mest bevegelse i SV retning mot dalen. B- Et relativt gammelt og innaktivt forkastningsplan i SV retning. De gule pilene viser bevegelsen på forkastningsplanet. C- En NNV gående sprekk med ca. 5m horisontal og 1m vertikal bevegelse. Dette stemmer med et lavvinklet glideplan. D- Bakrotasjon av enkelte blokker (gule stiplet linjer viser ulike helningen på blokkoverflaten). E- Fersk steinssprangsaktivitet på en SV orientert sprekk. F- Forstyrning av vegetasjonen på en NNV orientert sprekk. Dette er tegn på bevegelse. G- Fersk steinssprangsaktivitet på en NNV orientert sprekk (vist med den gule pilen).

Blokken er målt til ca. 400m bred og 400m lang. Avstanden fra overflaten til glideplanet er meget usikkert men minimumsdybden på sprekkene antyder en minimumsdybde til glideplanen på ca. 50m. Dette utgir et volum på ca. 8 millioner m³. Utløpet mot dalbunnen er relativt slakt og langt, slik at det er meget usannsynlig at et fjellskred utløst herfra kan demme opp elven. Det er heller ikke noe bebyggelse under fjellsiden. Vi betegner denne fjellsiden som moderat til lavere prioritet.

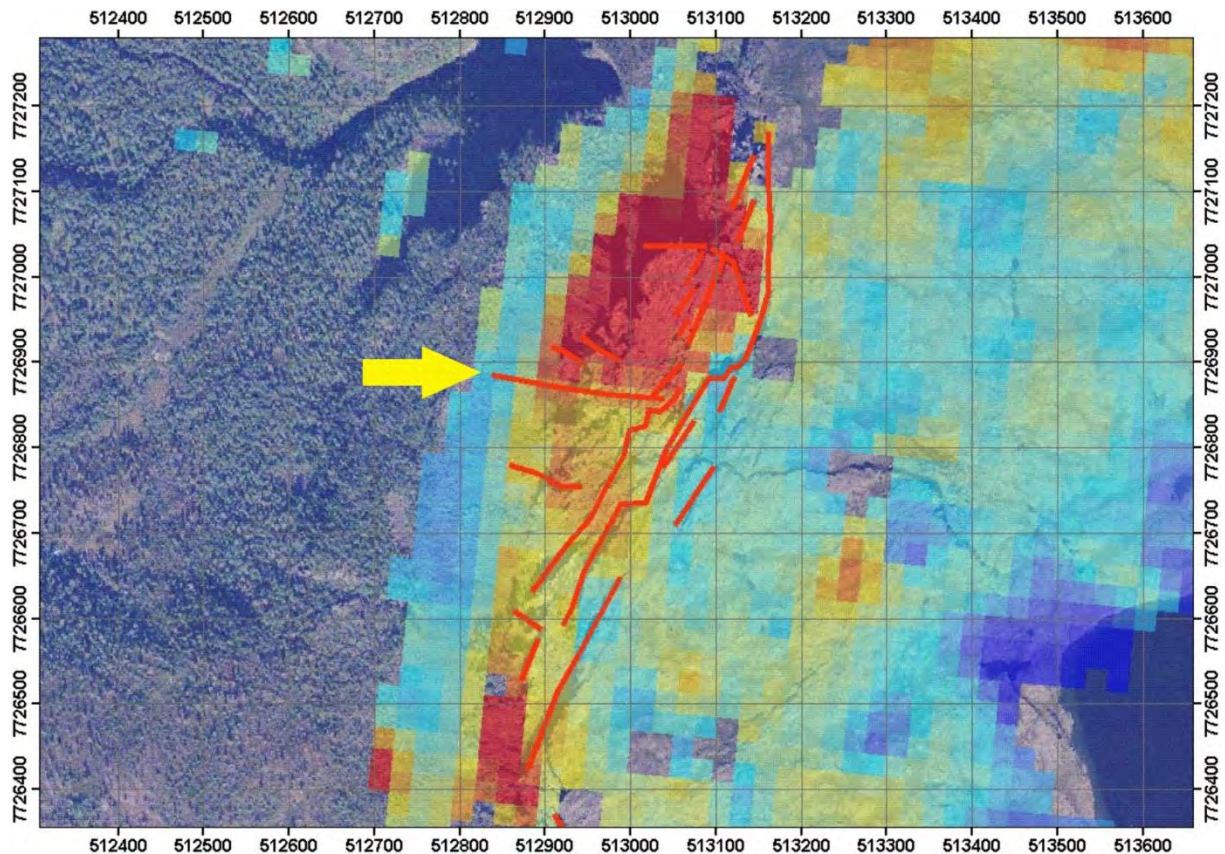
2.2.1.12 Mellomfjellet 2

Denne lokaliteten ligger rett nord fra Mellomfjellet 1 og er en del av det samme sprekkesystemet (Figur 52). Her går de dal-parallele sprekkene i NNØ-SSV retning. Disse er mer utbredt enn de dal-parallele sprekkene på mellomfjellet 1. InSAR bildet viser at det er bevegelse opp til 8-9mm per år i den nordligste delen av lokaliteten (Figur 53). I den sørligste delen av lokaliteten er bevegelsen bare 2-3mm per år.

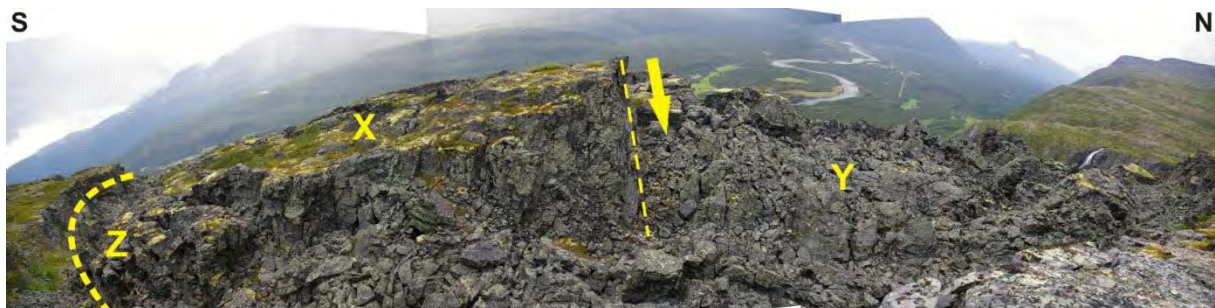


Figur 52: Utsnitt fra Norge i 3D (www.norgei3d.no) som viser lokaliteten Mellomfjellet 2 sett fra vest. Gule piler viser de mest østlige sprekker.

Lokaliteten er delt opp av en Ø-V gående sprekke (gul pil på Figur 53). Denne sprekken ser ut til å være en kontrollerende struktur når det gjelder hastighetene av de forskjellige blokkene. Sprekken representerer grensen mellom den nordligste og sørligste blokken. Forskjellen mellom de to del-blokker er synlig også i felt. Figur 54 viser hele lokaliteten sett fra øst. Den sørligste blokken (markert X) har en sammenhengende overflate med få interne sprekker og stort sett NNØ-SSV gående sprekkeretning. Derimot, har den nordligste blokken (markert Y) en veldig kaotisk, oppsprukket overflate med en kombinasjon av både NNØ-SSV og Ø-V gående sprekker. Den Ø-V orienterte sprekken som avgrensner de to del-blokkene (vist med en gul pil på Figur 54) definerer grensen mellom blokkene. Det er klart fra feltobservasjonene av overflaten, de kartlagte strukturere og InSAR-bildet at de to del-blokkene på denne lokaliteten har uavhengige bevegelser.



Figur 53: InSAR bildet over Mellomfjellet 2. En Ø-V gående sprekk deler opp blokken i to (markert med gul pil). Den nordligste delen beveger seg raskere enn den sørlige delen.



Figur 54: Bilde som viser oversikt over Mellomfjellet 2 fra øst. Fotografen står på oppsiden av den NNØ gående hovedsprekken (Z). Den ustabile fjellsiden er delt opp i to del-blokker (X og Y) langs en Ø-V gående sprekk (vist med gul pil). Blokk X er mer sammenhengende og viser mindre bevegelse på InSAR. Blokk Y er mer kaotisk oppsprukket (vegetasjonen er borte) og har større bevegelse på InSAR.

Blokken er målt til ca. 600m lang og ca. 150m bred. Avstanden fra overflaten til glideplanet er meget usikkert men minimumsdybden på sprekkene antyder en minimumsdybde til glideplanet på ca. 100m. Dette gir et volum på ca. 9 millioner m³. Utløpet er kortere og brattere enn på Mellomfjellet 1 med en gård som ligger under fjellsiden, slik at en utløsning herfra kan muligens demme opp elven eller forårsake eiendoms- eller personskade. Vi betegner denne fjellsiden som moderat prioritert.

Utsetting av GPS-punkter på denne lokaliteten kan være problematisk, særlig på den nordligste delen av blokken som beveger seg raskere. Her ligger blokkene veldig kaotisk. Vi

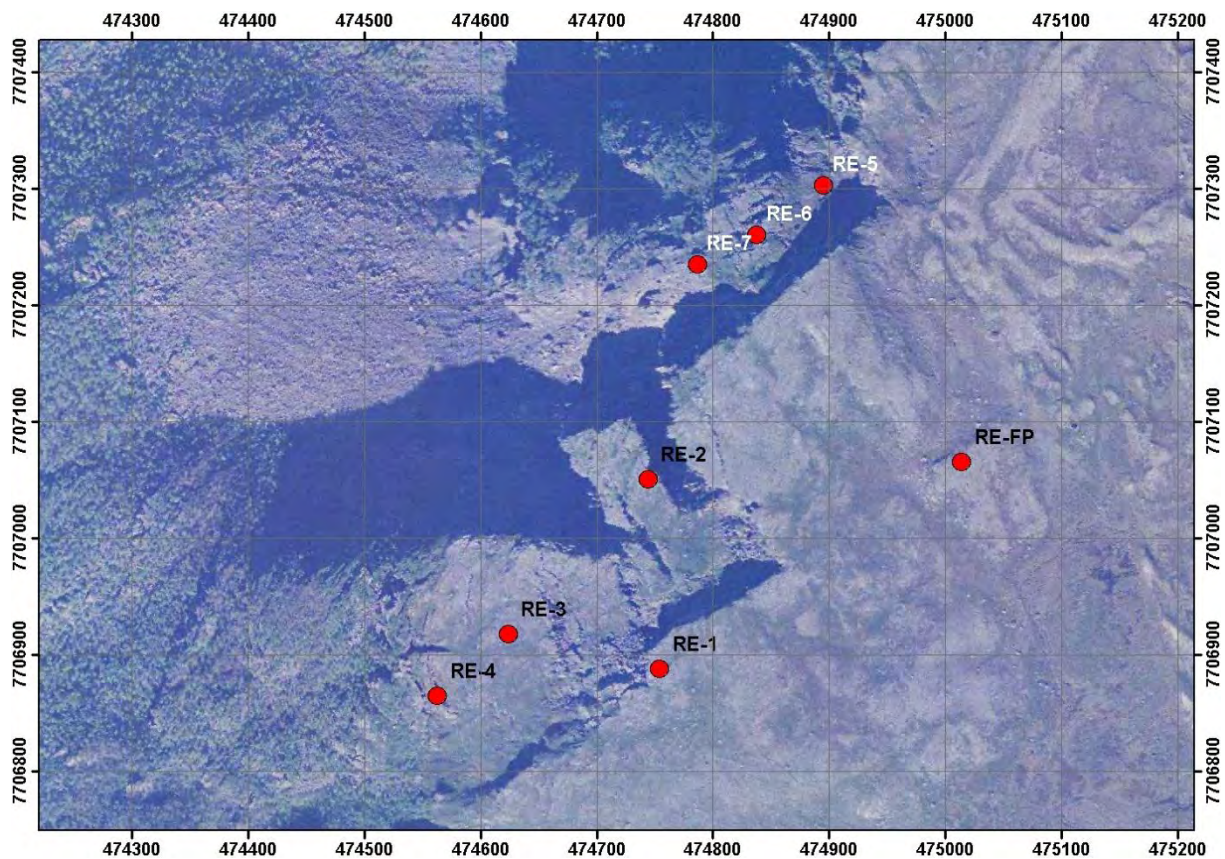
anbefaler at denne lokaliteten følges opp med LIDAR-skanning, avhengig av tidspresset og kapasitet i 2010.

2.3 Nye lokaliteter hvor det er lagt ut GPS-punkter

I løpet av feltsesongen 2009 er det satt ut GPS-punkter på 2 nye lokaliteter. Disse er Revdalsfjellet 2 og Hengfjellet. I det følgende avsnittet oppsummerer vi dette arbeidet.

2.3.1 Revdalsfjellet 2

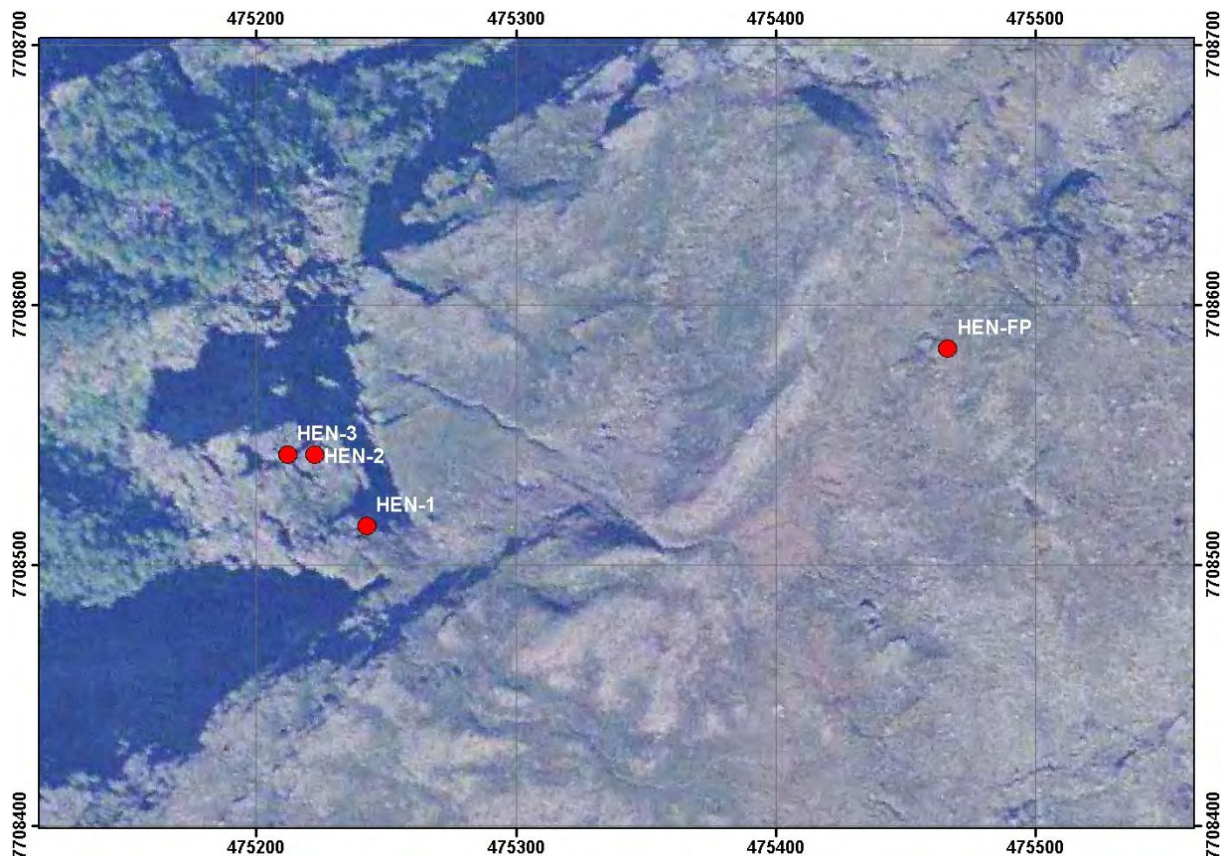
Den observerte geologien, med oppsprekking av den utløste blokken, tegn til fersk aktivitet og betydelig InSAR bevegelse klassifiserte vi denne lokaliteten som en høyprioritets objekt i avsnitt 2.2.1.1. Det ble derfor bestemt å sette ut differensielle GPS-punkter her; RE5, RE6 og RE7 (Figur 55). Det ble bestemt å etablere de tre nye punktene på den ustabile blokken med bruk av det eksisterende fastpunktet på Revdalsfjellet 1 som fastpunkt. Dessverre, med hensyn til tidspres og behov for å bruke samme fastpunkt, fantes det ikke tilstrekkelig med antenner til å sette ut antenner på både Revdalsfjellet 1 og 2. Derfor er ikke punktene på Revdalsfjellet 2 målt i år. Punktene er boret slik at den første målingen kan skje raskt i 2010. Det første målingsintervall forventes fra Revdalsfjellet 2 i løpet av feltsesongen i 2011.



Figur 55: Ortofoto som viser de eksisterende GPS punkter (RE1-RE4) og de nye planlagte punkter (RE5-RE7) på Revdalsfjellet 2.

2.3.2 Hengfjellet

Hengfjellet er en ny lokalitet som ble undersøkt for første gang i 2009 og ble presentert i avsnitt 2.2.1.5. Ut i fra InSAR og feltundersøkelsene anses dette som et ustabil objekt. Det ble derfor bestemt å sette ut GPS-punkter. Tre punkter ble satt ut på den relativt lille blokken (Figur 56). Tre punkter ble ansett som nødvendig siden blokken er oppdelt i flere små blokker. Et fastpunkt ble etablert lengre bak mot øst på antatt stabilt fjell. Punktene ble målt inn i 2009. De første intervallmålingene er forventet i slutten av 2010 og rapporteres skriftlig i mars 2011.

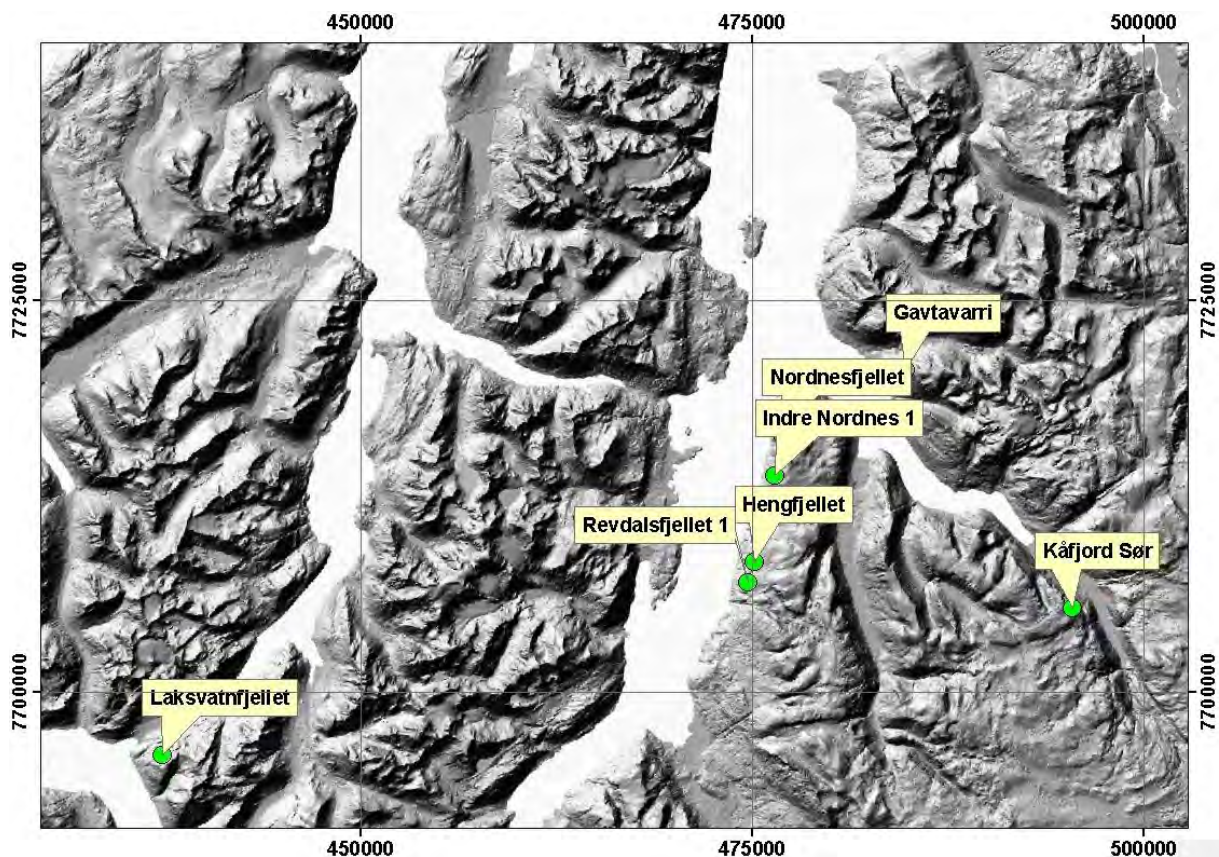


Figur 56: GPS punktene satt ut på Hengfjellet i 2009. Disse skal måles inn på nytt i 2010.

2.4 LIDAR-skanning av utvalgte regionale lokaliteter

LIDAR-arbeid ble påbegynt i prosjektet i 2007 da Nordnesfjellet og Revdalsfjellet ble skannet for første gang. Ca. ei uke ble brukt i løpet av feltsesongen 2009 for å fortsette dette arbeidet. Clement Michoud fra Universitet i Lausanne, Sveits står for feltarbeidet og prosessering ble gjort av Clement Michoud, Marc-Henri Derron og Michel Jaboyedoff (alle fra Universitet i Lausanne). Resultatene er presentert i en separat rapport (Carrea et al., 2010) som er en teknisk rapport. De viktige resultater av denne rapporten er oppsummert og forenklet her.

6 lokaliteter ble skannet i 2009. Disse er Nordnesfjellet, Indre Nordnes, Revdalsfjellet 1, Kåfjord Sør, Gavtarvari og Laksvatnfjellet. Lokalisering av lokalitetene vises i Figur 57.



Figur 57: Kart som viser de lokalitetene som ble skannet med LIDAR i 2009.

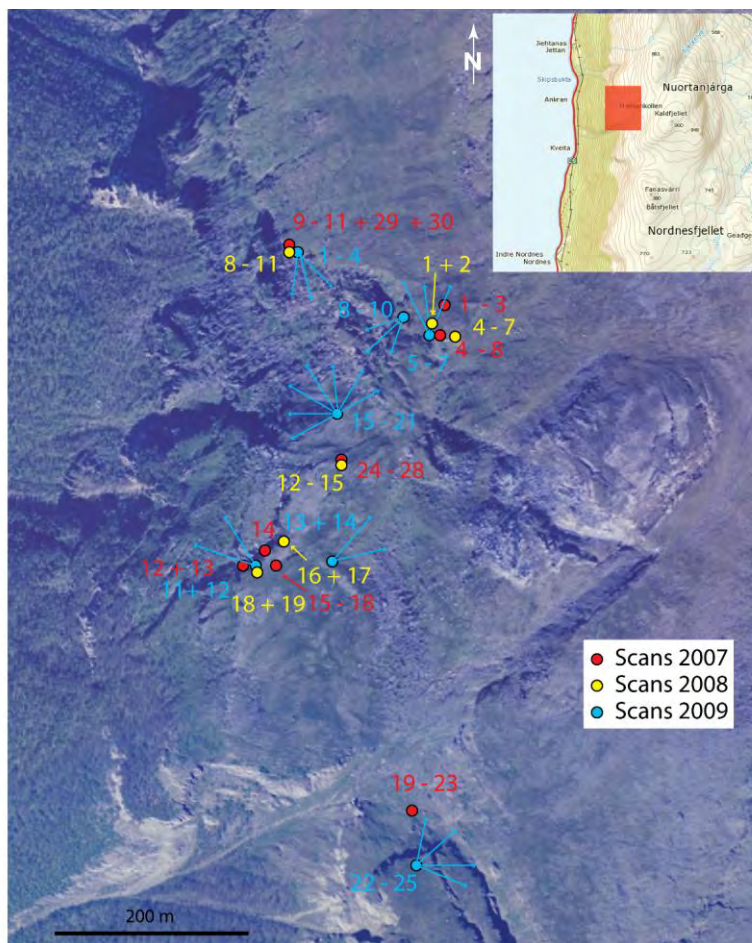
Nordnesfjellet og Revdalsfjellet 1 har blitt skannet tre ganger fra 2007-2009, Indre Nordnes, Kåfjord Sør og Gavgavarri ble skannet for første gang i 2009. Laksvatnfjellet er skannet i 2008 og 2009, men i forskjellige geografiske områder.

2.4.1 Nordnesfjellet

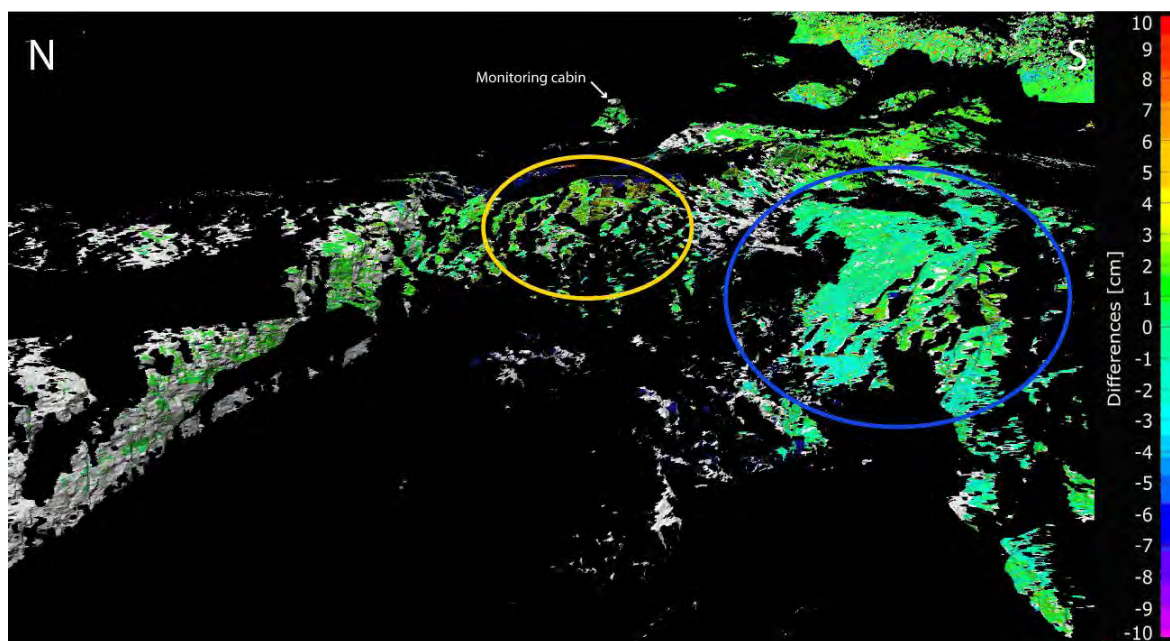
Nordnesfjellet ble opprinnelig skannet i august 2007 fra 10 forskjellige oppstillingspunkter med totalt 31 skannebilder. Den gjennomsnittlige punktavstand ble 4.1cm. Skannene fra 2007 inneholder ca. 40 millioner punkter. Fjelsiden ble skannet på nytt i 2008 fra 6 oppstillingspunkter og totalt 19 skannebilder. Skannene fra 2008 inneholder ca. 23 millioner punkter. Dataene i 2007 og 2009 ble samlet av T. Oppikofer fra Universitetet i Lausanne.

Dataene fra august 2009, ble utført av C. Michoud fra 7 forskjellige oppstillingspunkter, med totalt 25 skannebilder. Dataene inneholder 27.5 millioner punkter (Figur 58).

Nordnesfjellet har derfor blitt skannet i tre år. Sammenligning av skannene fra 2007 og 2008 viser en betydelig bevegelse på den NV del av blokken, med opp til 6cm bevegelse. Dette er i samsvar med både GPS og InSAR og anses som pålitelige data.



Figur 58: Lokalisering av skanningspunkter for punktene i 2007 (rødt), 2008 (gul) og 2009 (blått). Skanningretning for 2009-dataene er vist med blå piler.



Figur 59: Sammenligning mellom 2007 og 2009 data. To områder med betydelig bevegelse er identifisert.

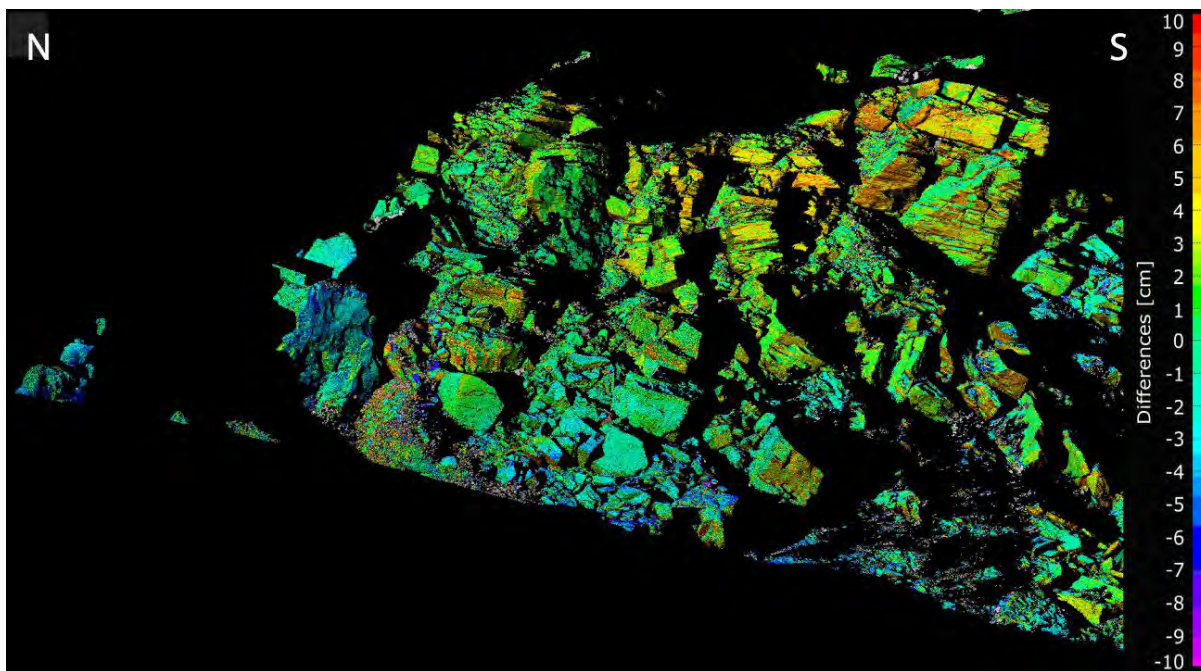


Figur 60: De to områdene i bevegelse identifisert i Figur 59 vist fra skanningspunkt nr 1 på Figur 58.

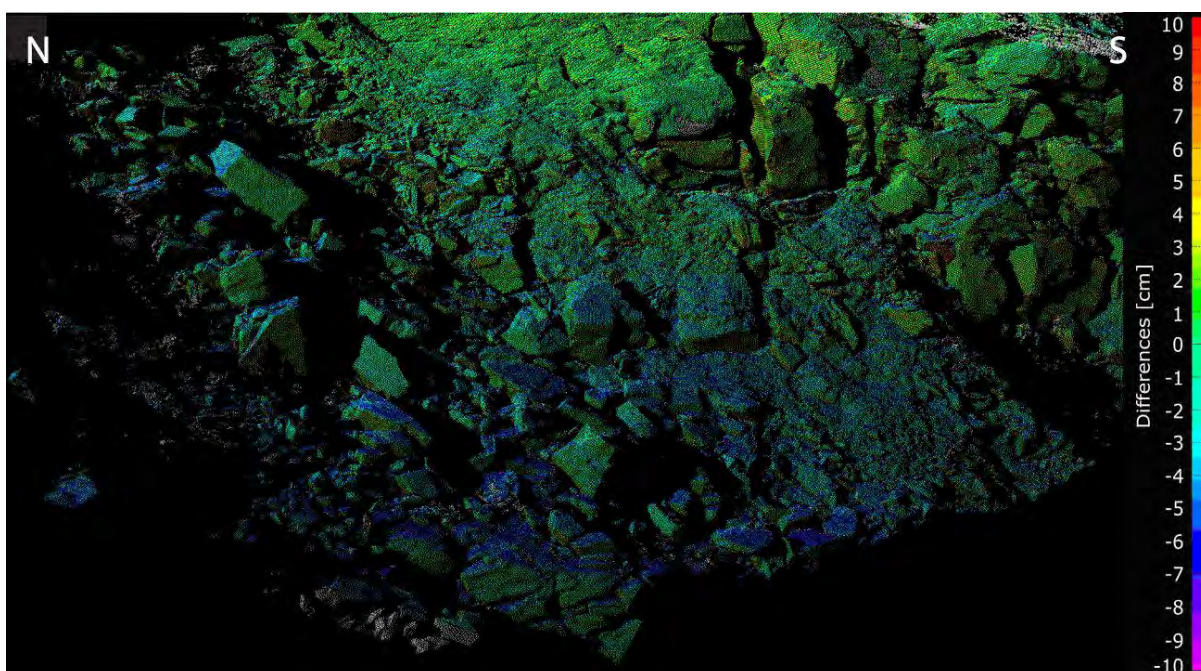
Figur 59 viser en sammenligning av dataene fra 2007 og 2009 for å fastsette bevegelsen mellom de to tidspunkter. Sammenlikningen viser tydelig at det er to områder med rask bevegelse. Områdene er ringet inn på Figur 59 og vises i felt i Figur 60. Det første området er det som ble identifisert av Henderson et al., (2009) etter den første sammenligning av dataene fra 2007-2008 (gul ring på Figur 59 og Figur 60). Dette området vises mer detaljert i Figur 61. Dette området viser en stort sett horisontal bevegelse mot vest av ca. 6.5cm fra 2007 til 2009.

Det andre området (som er markert med blå ring på Figur 59 og Figur 60) er på den SV, flatere del av den kjente blokken. Denne delen av blokken viser en stort sett vertikal bevegelse på opp til ca. 5cm mellom 2007-2009 (Figur 62). Det er derfor tydelig at de to områdene har forskjellig bevegelseshastighet- og retning og beveger seg uavhengig av hverandre. Dette underbygger mønsteret sett fra InSAR-dataene og fra GPS-resultatene gjennom flere år.

Det er lett å se fra oppstillingspunktene på Figur 58 at det kun er den øvre del av blokken som er blitt skannet. Det gjør det veldig vanskelig å si noe om utglidningsmekanisme som skjer dypere inn i fjellsiden. Det skulle derfor være nyttig å skanne lenger ned på fjellsiden for å si noe om mulige utglidningsplan. Hvis det er logistisk sett mulig, bør dette prioriteres i 2010.



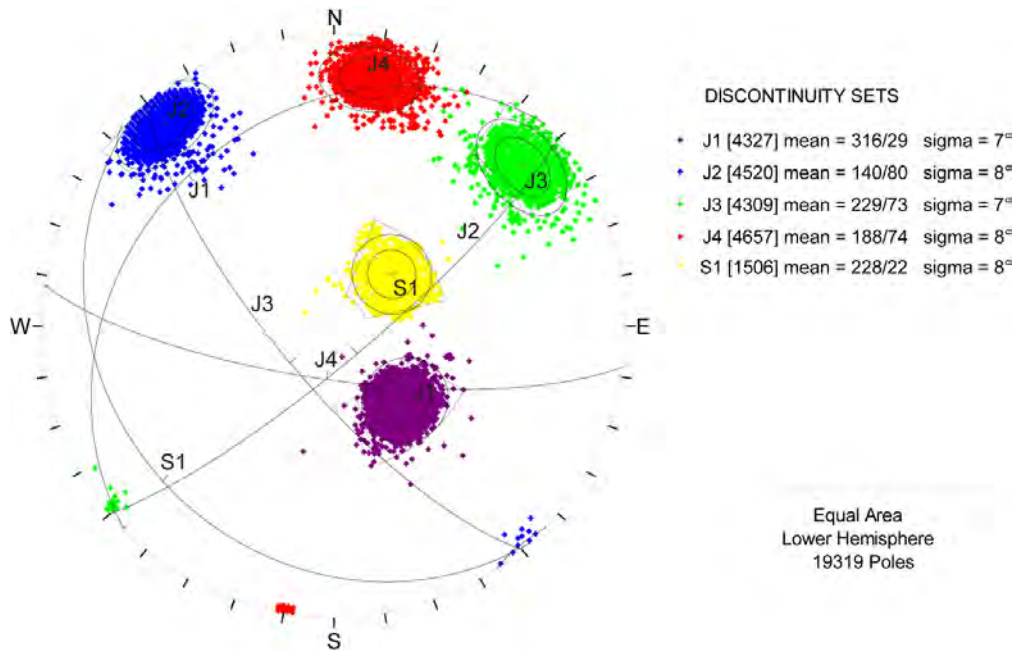
Figur 61: Gjennomsnittlig bevegele på Nordnesfjellet på ca. 6,5cm (stort sett horisontalt) mot vest mellom 2007 og 2009 i den delen av fjellsiden markert med gul ring på Figur 59.



Figur 62: Vertikalt bevegelse på ca. 5 cm mellom 2007 og 2009 i den delen av fjellsiden markert med blå ring på Figur 59.

De bevegelsene som er dokumentert i dataene fra 2009 (3 til 4 cm totalt, delt opp i ca. 2 cm horisontalt og 2-3 cm vertikalt) er sammenlignbare med bevegelsene dokumentert fra sammenligning av 2007-2008 data (Henderson et al., 2009). Resultatene viser at det er svært viktig at arbeidet med å LIDAR skanne Nordnesfjellet fortsetter i fremtiden. Siden hele fjellsiden har blitt skannet fra før, kan og bør fremtidig arbeid fokuseres på de områdene der det er påvist bevegelse, nemlig fra oppstillingspunkter 1-3 fra skannene i 2009.

I tillegg til at LIDAR-skanning produserer veldig detaljerte bilder av overflata, kan 3D orientering av sprekke som finnes i fjellsiden bli dokumentert. For første gang hentes det ut sprekkeanalyse fra LIDAR dataene fra Nordnesfjellet. Fra de skannene fremvist her ble det plukket ut 5 forskjellige sprekkeorienteringer med en total av over 18000 enkeltsprekker (Figur 63).



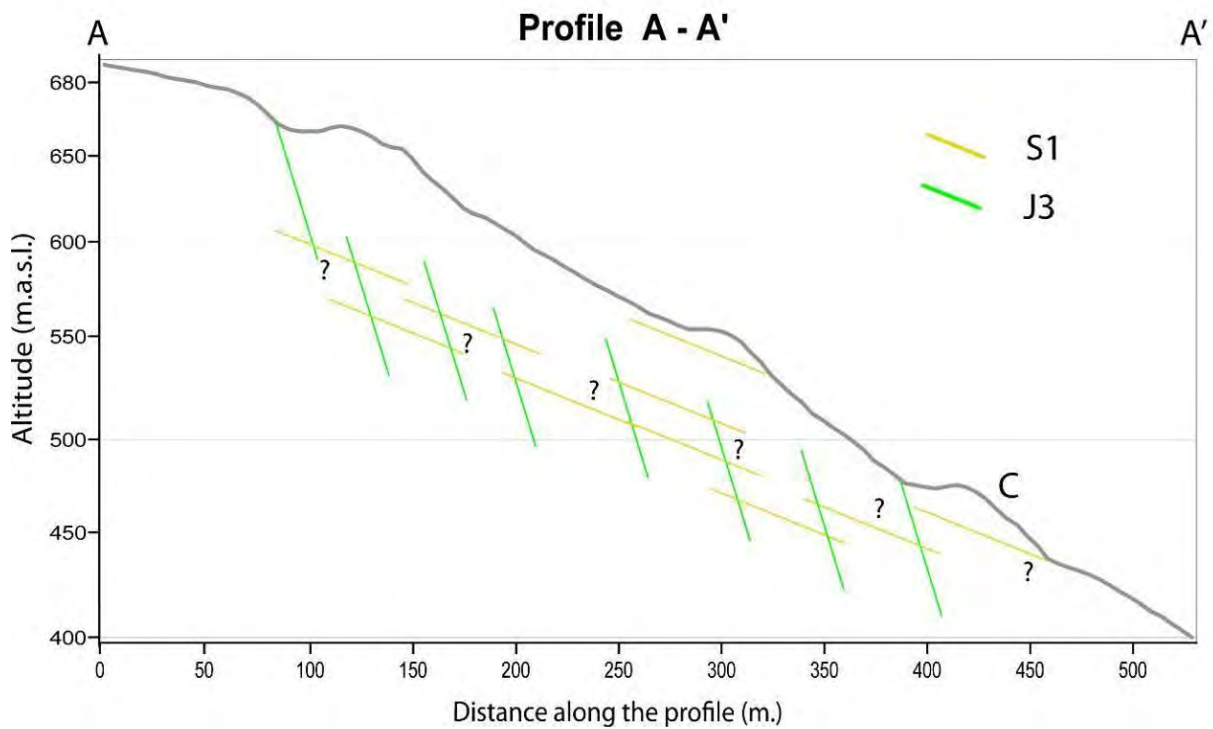
Figur 63: Stereoplot (2D fremvisningsmetode av 3D data) som viser de forskjellige sprekkeretningene på Nordnesfjellet. Hver farge representerer en sprekkeretning. Hvert punkt representerer en sprekke.



Figur 64: Utsikt mot baksprekken i den NV del av blokken som viser fire av de fem ulike sprekkeretningene og lagdelingen (mørk blå=J2, grønn=J3, rød=J4, gul=S1), J1 er ikke representert.

Sprekkeretningene er allerede kjent og identifiserte fra direkte måling i felt (Figur 64) men LIDAR-dataene underbygger de observasjonene som er gjort fra før. For eksempel, Henderson m.fl. (2007) viste at den steilstående sprekken sannsynligvis ble kontrollert av lavvinklede glideplan, og at en mulig trappetrinngemetri i dybden kunne forårsake overflategeometrien. Figur 65 viser et snitt gjennom LIDAR dataene fra Nordnesfjellet og viser at to typene sprekker er viktig for utglidning. Disse er S1 som motsvarer lagdelingen,

og J3 som er steiltstående sprekker. LIDAR-dataene antyder en lignende trappetrinngemetri. Som konstatert av Henderson m.fl. (2007) kan denne type geometri forårsake en mer oppsprukket blokk og lede til flere små blokkutløsninger istedenfor én stor blokk.

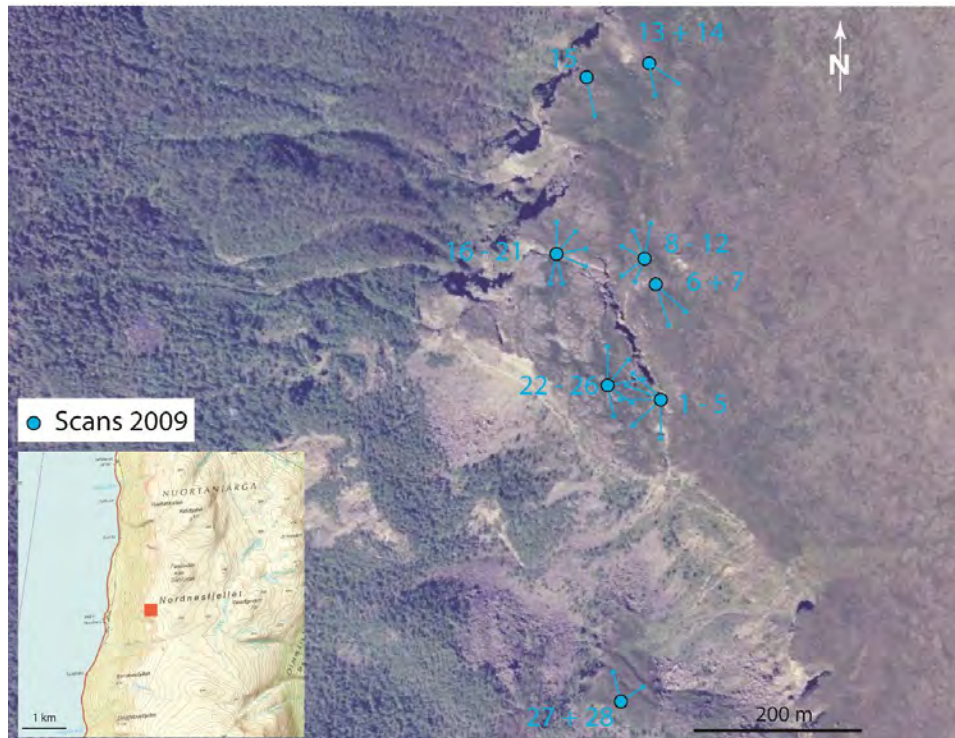


Figur 65: Snitt gjennom Nordnesfjellet som viser de sprekeretninger som er identifiserte fra LIDAR og som kan være viktige for utglidning.

Figur 63 viser også at lagdelingen er for lavvinklet til å kunne forårsake utglidningen. Dette var også en konklusjon trukket av Henderson m.fl. (2007).

2.4.2 Indre Nordnes

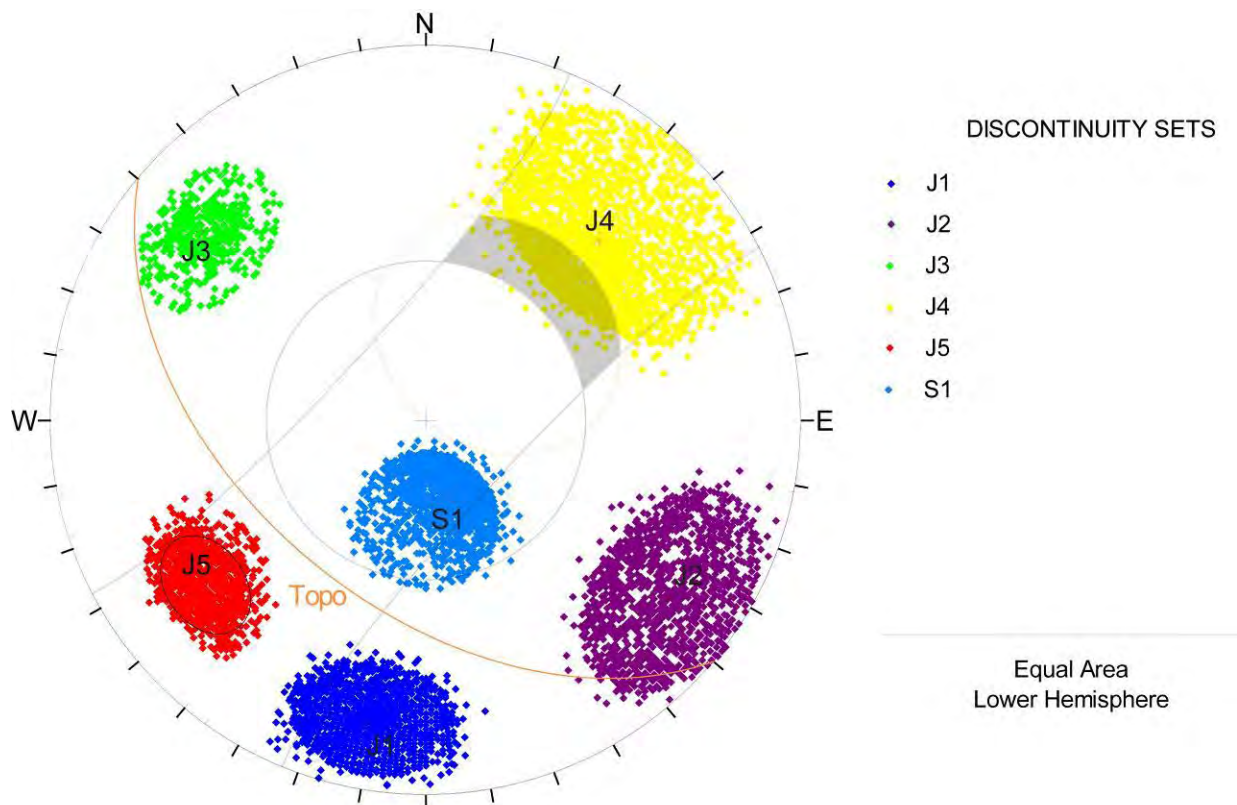
Indre Nordnes ble skannet 8. August 2009. 11 forskjellige oppstillingspunkter ble brukt på hovedskrenten slik at 23 bilder ble tatt (Figur 66). Det prosesserte skannet består av 23 millioner punkter med en gjennomsnittelig avstand mellom punktene på 4.5cm. Dette skannet vil bli brukt som en mal for videre arbeider i 2010 og 2011 for å fastsette bevegelse.



Figur 66: Skanningspunkter for Indre Nordnes for 2009. Retning av skannene er vist med blå piler.

Sprekkedata fra LIDAR skanningen er også her brukt på samme måte som på Nordnesfjellet. Dataene (Figur 67) gir en mulig tolkning av utløsningsmekanismer på de forskjellige overflatene. Planar-utglidning på den moderate til lavvinklede sprekeretning J4 er mulig. Utglidning på den ekstremt lavvinklede lagdeling er enda mer usannsynlig på indre Nordens enn på Nordnesfjellet. Den gjennomsnittlige helningen av lagdelingen her er 17° . Dette stemmer med direkte målinger i felt.

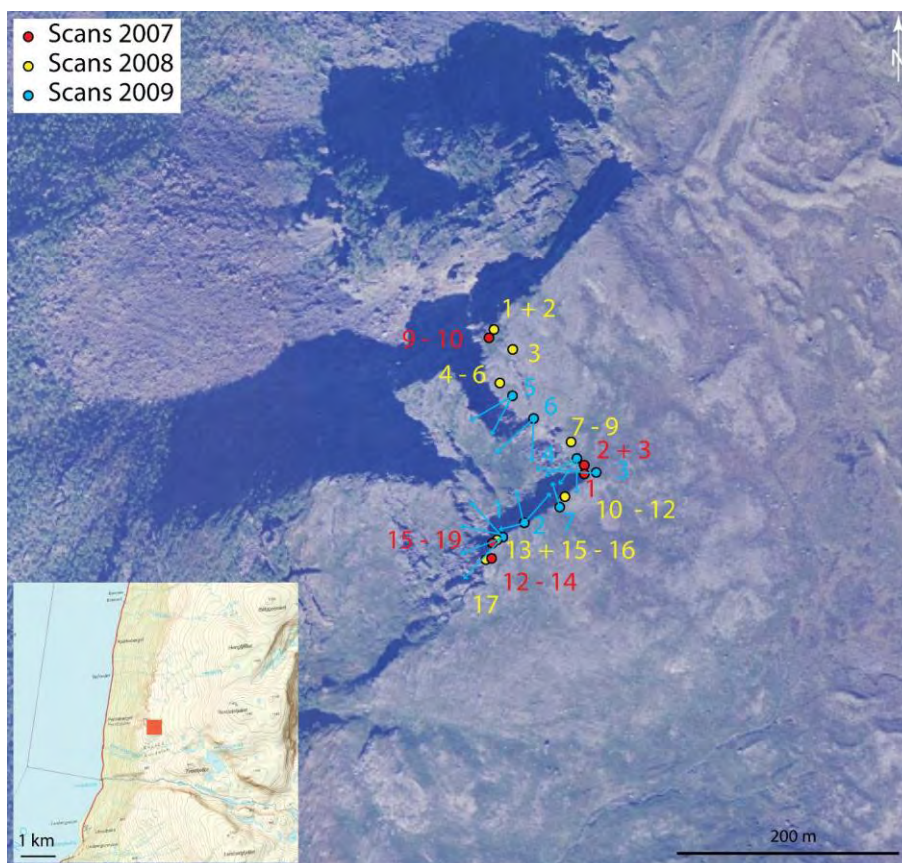
Muligheten til å gjøre tolkninger ut fra sprekkedataene er begrenset ettersom det ikke er målt under overflaten, kun ned på blokken fra bakskrenten. Før det trekkes mer utdypende konklusjoner bør det gjøres sprekkeanalyser fra lenger ned i dalen opp mot fjellveggen på fremsiden av blokken for å se om de observasjonene som er gjort på toppen av blokken er representative.



Figur 67: Stereoplot (2D fremvisningsmetode av 3D data) som viser de forskjellige sprekkeretninger på indre Nordnes. Hver farge representerer en sprekkeretning. Hvert punkt er en enkelt sprekk.

2.4.3 Revdalsfjellet 1

Revdalsfjellet ble først skannet i august 2007 og skannet om igjen i august 2008 av T. Oppikofer fra 7 oppstillingspunkter (Figur 68) med 19 skannebilder. Dataene i 2007 inneholder ca. 22 millioner punkter og dataene i 2008 inneholder ca. 20.8 millioner punkter. Begge datasettene har en gjennomsnittlig avstand mellom punktene på ca. 4,5 cm (ca. 500 punkter per kvadrat). Dataene samlet i august 2009 av C. Michoud inneholder ca. 23 millioner punkter. Med en tre års dataserie har vi et godt grunnlag for å bedømme om det er bevegelse på Revdalsfjellet.

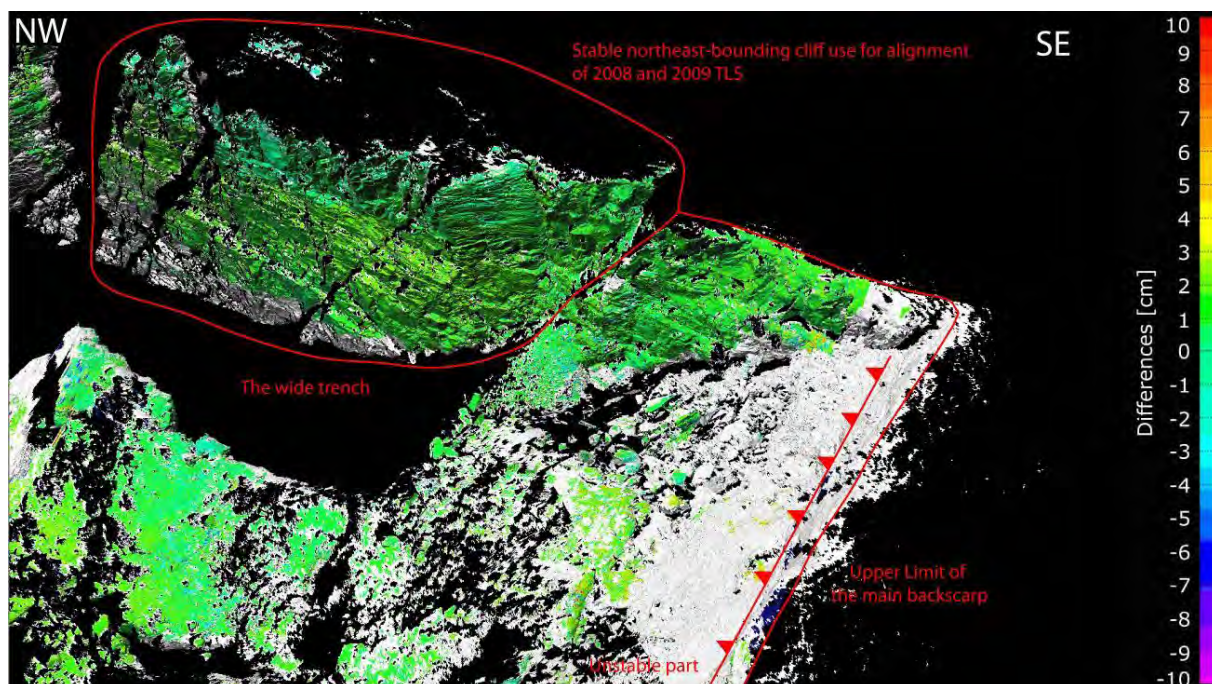


Figur 68: Skanningspunktene for Revdalsfjellet 1 fra 2007 (rødt), 2008 (gul), og 2009 (blå). For 2009 dataene vises også skanningsretningen.

Figur 69 viser en sammenligning av LIDAR-dataene fra Revdalsfjellet 1 fra 2007 til 2009. Kontrollpunktene er lagt til den antatt stabile veggen bak den ustabile blokken. Dette er avgrenset i rødt på Figur 69. Fargemålestokk på siden av figuren viser at hele fjellsiden viser en grønn farge. Derfor er ingen bevegelse identifisert. Dette er i overensstemmelse med resultatene fra 2007-2008 som også vist en stabil grønnfarge på sammenligningsbildet.

Den treårige dataserien gir oss mulighet til å sammenlikne resultatene både fra 2007-2008 og 2008-2009. De to sammenlikningene er entydige og viser at LIDAR-dataene høyst sannsynlig er pålitelige, og at det sannsynligvis ikke er noen bevegelse på Revdalsfjellet, innenfor signifikansgrense for metoden. Dette strider imot resultatene fra InSAR dataene som viser en gjennomsnittlig nedsynkning på 4-5mm per år siden 1992. En forklaring for dette er at bevegelsen kan være under signifikansgrense til LIDAR metoden. Hvis målinger fortsetter over flere år blir denne grensen redusert. En bevegelse på 4-5mm per år, påvist fra både GPS og InSAR, er i det ytterste grensen for hva LIDAR kan identifisere av bevegelse.

Derfor anbefaler vi sterkt at LIDAR-målingene fortsetter i flere år på Revdalsfjellet 1.

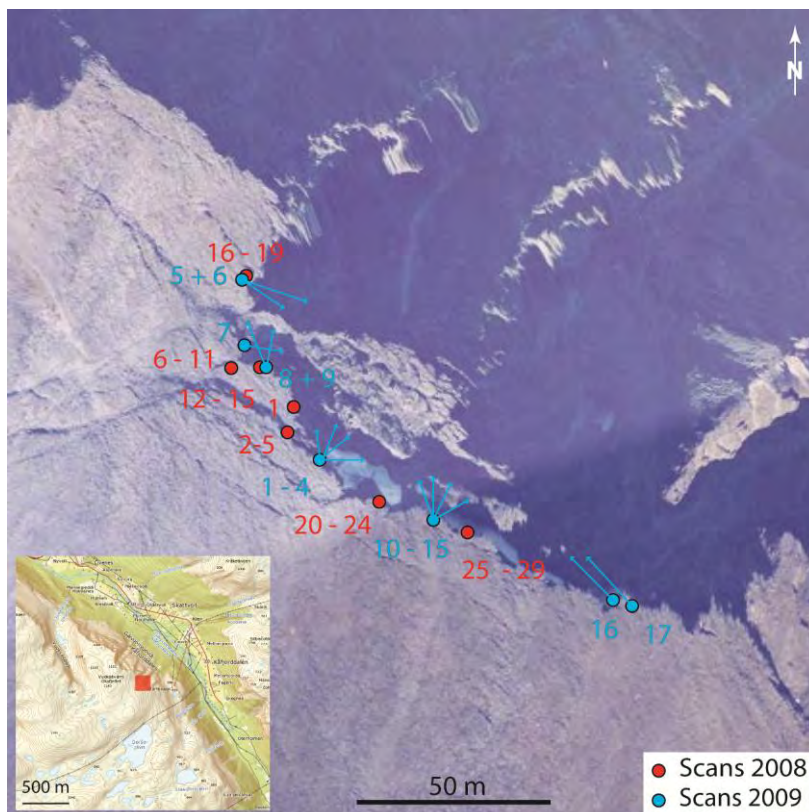


Figur 69: Sammenligning av LIDAR-bilder fra Revdalsfjellet 1 mellom 2007 og 2009. Sammenligningsgrunnlaget er basert på den antatt stabile veggen bak blokken (sirklet inn med rødt). Forskjellen mellom de to skannene (2007-2009) gis uttrykk i forskjellige farger; grønn tilsvarer ingen bevegelse, lilla tilsvarer opp til 10cm bevegelse nedover (innsynkning) og rød tilsvarer opp til 10cm oppover bevegelse oppover (heving). Ingen bevegelse er gjenkjennbar i den antatt ustabile blokken.

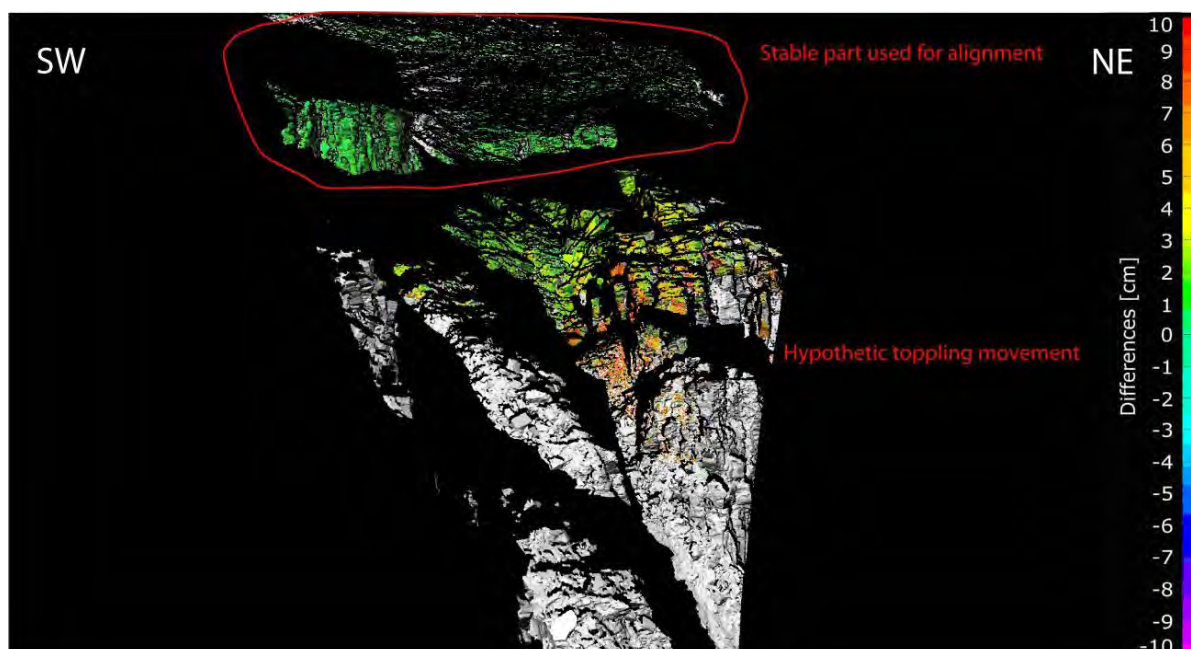
2.4.4 Kåfjord Sør

Kåfjord Sør ble først skannet i 2008 av T. Oppikofer, noe som ga et skannebilde med 24 millioner punkter. Den gjennomsnittlige punktavstand er ca. 4,9 cm. I 2009 skannet C. Michoud området for andre gangen fra 7 lokaliteter rundt bakszkrenten (Figur 70). Det var ikke mulig å skanne fra fremsiden av fjellsiden fordi den er utilgjengelig til fots. Dette begrenser kvaliteten av skannene og tolkningen av strukturene. En sammenligning av de to skannebildene fra 2008 og 2009 vises i Figur 71. Bakszkrenten, som er antatt å være stabil, brukes som kontrollpunkt for bevegelsen i blokken. Stabile områder vises i grønt på Figur 70. Oppover bevegelse (heving) vises i rødt mens bevegelse nedover (innsynkning) vises i lilla. Resultatene er ganske entydig og viser at den fremste delen av blokken hever seg med opp til 10cm per år. Vi tolker dette som en veltingsmekanisme hvor blokken er hengslet nedover i fjellsiden og rotere utover fra toppen. Dette skulle gi en tilsynelatende heving av den ytterste del av blokken.

Resultatene er spennende med hensyn til de tvetydige GPS resultatene som har kommet frem de siste årene som har vist en tilsynelatende veldig kompleks bevegelse som har vært vanskelig å tolke. Det er viktig at LIDAR-arbeidet fortsettes på Kåfjord Sør.



Figur 70: Oppstillingspunkter for LIDAR-skanning på Kåfjord Sør. Lokalteter for skanningen i 2008 vises i rødt. Oppstillingspunkter for 2009 vises i blått i tillegg til retning.

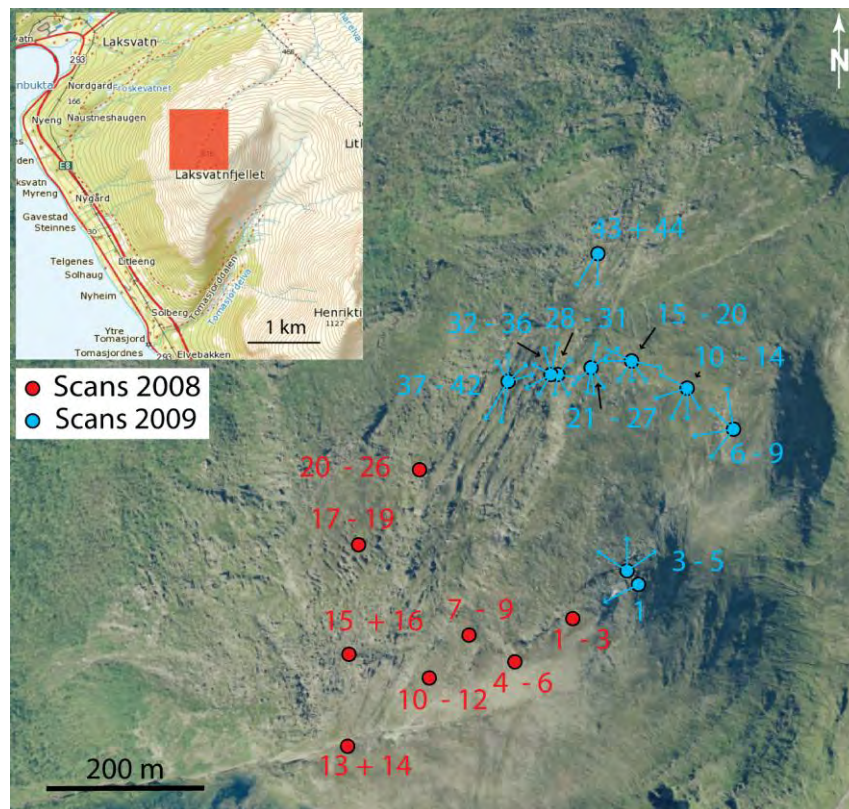


Figur 71: Sammenligning av de to skannene fra 2008 og 2009. Grønn betyr ingen bevegelse, lilla betyr nedsynkning og rød betyr heving. Bakskrenten (sirklet inn med rødt) ble brukt som kontrollpunkt for den ustabile blokken (foran). Dette viser tydelig at den fremste delen av blokken hever seg. Dette tolkes som den fremste delen av blokken gjenspeiler en velting av den ustabile blokken med opp til 10cm per år.

2.4.5 Laksvatnfjellet

Laksvatnfjellet er et stort ustabil fjellparti som viser en tydelig bevegelse på InSAR som tilsvarer de strukturene som er kartlagt i felt. Lokaliteten viser en veldig kompleks geometri og muligens flere utløsningsmekanismer i forskjellige områder. Laksvatnfjellet er derfor valgt som Mastergradoppgave for detaljert kartlegging. Som en del av denne kartleggingen ble det bestemt å utføre LIDAR-skanning på hele fjellsiden for å komplimentere feltundersøkelser og InSAR. Det er en stor oppgave å LIDAR-skanne dette området, og dette har blitt gjort over en toårsperiode.

Den sørlige delen av Laksvatnfjellet ble skannet av T. Oppikofer i august 2008. 26 skannebilder ble tatt fra 8 oppstillingspunkter (Figur 72). Det samlede skannebildet inneholder 31 millioner punkter med en gjennomsnittlig punktavstand på ca. 4,0 cm. Den nordlige delen av fjellsiden ble skannet av C. Michoud i 2009. Det samlede skannebildet inneholder 40 millioner punkter. Det er ikke mye overlapp i de to områdene. Derfor kan ikke de to skannene bli brukt til identifisering av bevegelse. Derimot kan dataene brukes til å gjøre en veldig detaljert strukturanalyse av sprekkesystemene i fjellsiden, deres variasjon i forskjellige områder og hvordan de kan påvirke utløsningsmekanismer.

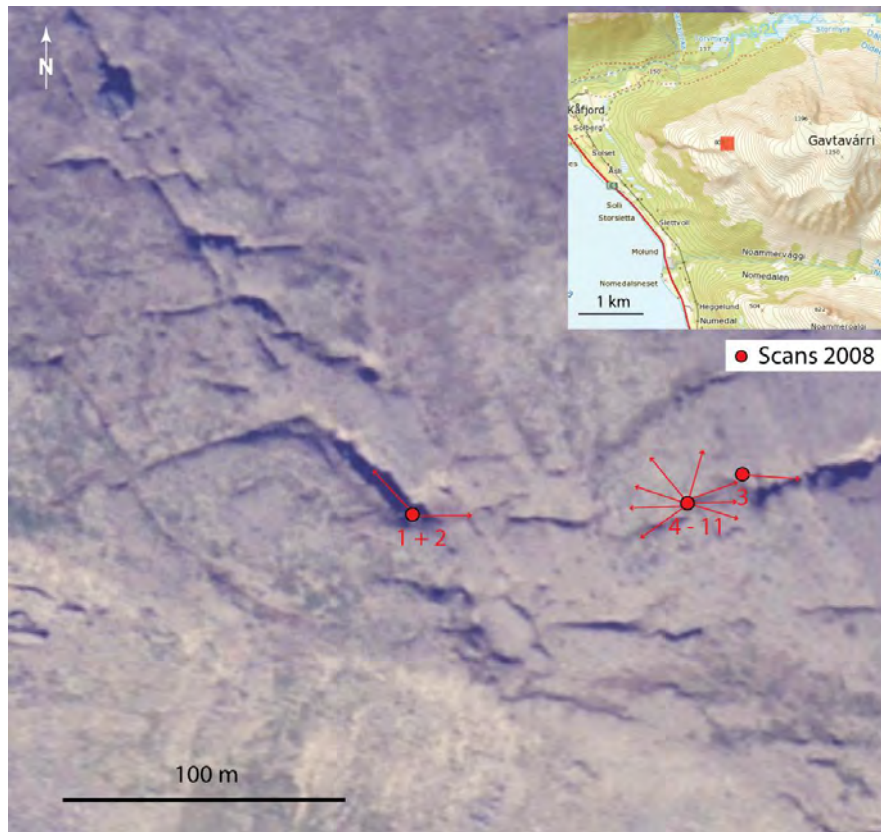


Figur 72: Oppstillingspunktene for LIDAR-skanning av Laksvatnfjellet. Punktene for 2008 vises i rødt mens punktene for 2009 vises i blå, med retningen av skannene.

2.4.6 Gavtavarri

Gavtavarri ble skannet for første gang i august 2009 av T. Oppikofer. Det ble ikke tid til å skanne fjellsiden på nytt i 2009. Derfor er det ingen mulighet for å identifisere bevegelse. Arbeidet på lokaliteten er fokusert på den store sprekken på den øverste hyllen i et begrenset

område (Figur 73). 11 skannebilder ble gjennomført fra 3 forskjellige oppstillingspunkter som inneholder ca. 8.2 millioner punkter og en gjennomsnittlig punktavstand på ca. 3.0 cm.

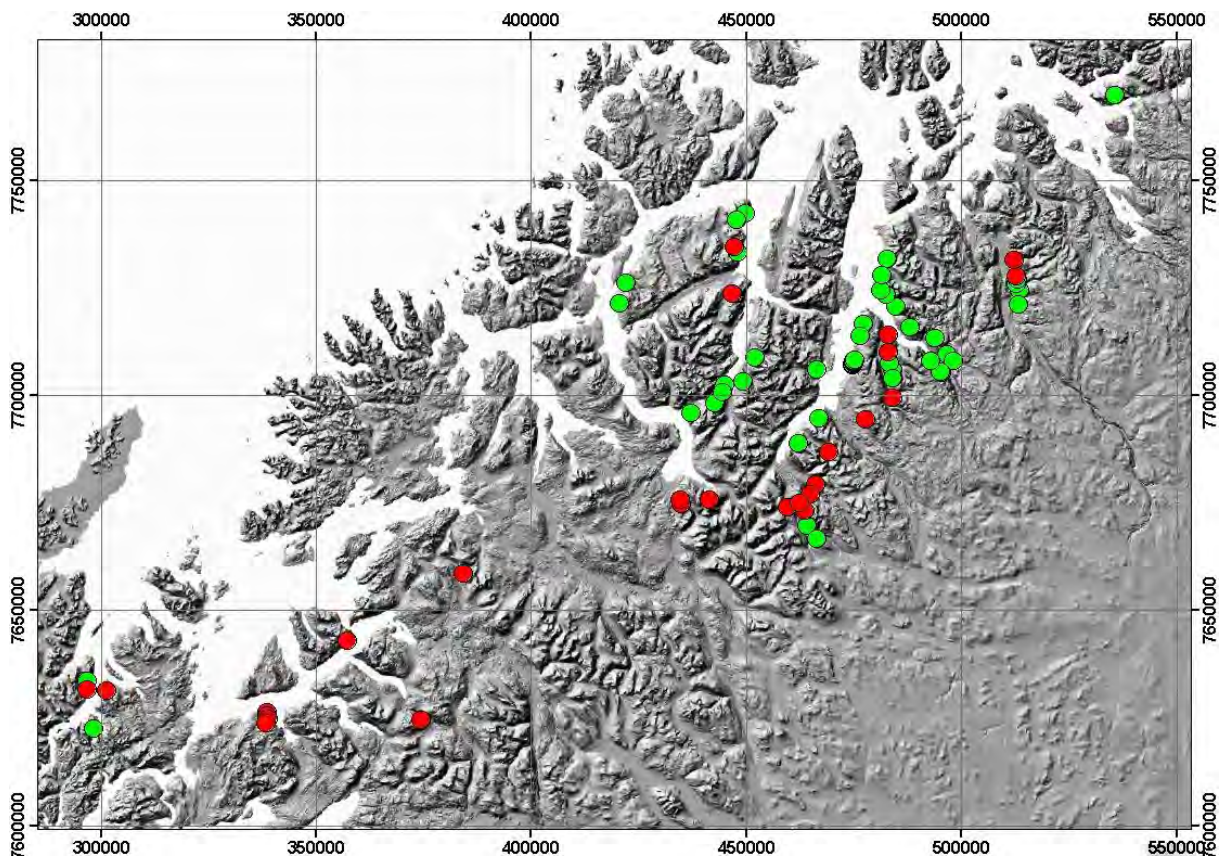


Figur 73: Oppstillingspunkter med retningen av skanningen for Gavtavarri som ble skannet i 2008.

Siden vi bare har resultater fra et geografisk begrenset område diskuterer vi ikke resultatene i detalj her. Det bør vurderes om hele lokaliteten behøver LIDAR-skanning.

3. FORELØPIG RISIKOKLASSIFISERING

Av 73 mulig ustabile fjellsider i Troms fylket, har NGU nå befart 46 lokaliteter . Antall befarte lokaliteter begynner derfor å komme opp på et nivå hvor det er mulig å sammenligne de forskjellige lokaliteter med hensyn til deres geologi, bevegelse, geometri, sannsynlighet for utløsning og konsekvenser av utløsning. For første gang forsøker vi derfor å klassifisere risiko for store fjellskred regionalt. Så vidt vi vet har dette ikke blitt gjort før, verken nasjonalt eller internasjonalt. Det må understrekes at denne vurderingen er foreløpig og en internasjonal workshop, som holdes på NGU i Trondheim i Juni 2010, kan finne frem til en mer omfattende metode.



Figur 74: Oversiktskart over hele Troms fylke som viser de lokaliteter som er befart (grønne prikker) og de som ikke er befart (røde prikker).

Risiko i både internasjonal og skredsammenheng har en veldig bestemt betegnelse. Den består av produktet av sannsynlighet for utløsning ganger konsekvensene av skredet:

$$RISIKO = \text{Sannsynlighet} \times \text{konsekvens}$$

Vi tar utgangspunkt i de observasjonene som har blitt gjort på de ulike lokalitetene de siste 5 årene i Troms fylke. Disse er stort sett de samme observasjonene som er gjort på et nasjonalt

nivå i Norge og består av informasjon om de strukturene som bidrar til utvikling av et ustabil fjellparti og en måling av bevegelseshastighet.

BEVEGELSE	0	1	2	3	4
	0mm	UNDER SIGNIFIKANS GRENSE	0-10mm	10-25mm	>25mm
STRUKTUR	0	1	2	3	4
	INGEN	LITE	MODERAT	HØY	SVÆRT HØY
SANNSYNLIGHET	0	1	2	3	4
	INGEN	LITE	BETYDELIG	MYE	SVÆRT HØY
KONSEKVENNS	0	1	2	3	4
	INGEN	LITE	INFRASTRUKTUR	OPPDEMNING	FLODBØLGE
RISIKO	0	0-1	1-2	2-3	3-4
	VELDIG LITE	LITE	MODERAT	HØY	SVÆRT HØY

Tabell 12: Beregning av risiko på en regionalt målestokk for nordøstre Troms, basert på målt bevegelse og utvikling av strukturer i det ustabile fjellpartiet.

Tabell 12 viser hvordan vi kommer frem til risikovurderingen ut ifra feltobservasjonene og målingsdataene (GPS, InSAR og LIDAR). I utgangspunktet er beregningen av sannsynlighet den vanskeligste oppgaven. Sannsynlighet for store fjellskred er dårlig undersøkt på et internasjonalt nivå og metodikken som brukes er under diskusjon. Den eneste sammenlignbare situasjon i Norge er i Tafjord der sannsynlighet for store fjellskred er blitt beregnet ut fra et meget detaljert studium av antall store fjellskredavsetninger på fjordbunnen. Antallet fjellskredavsetninger er beregnet ut i fra studier av seismikkdata og datering av hver enkelt avsetning. Dette har ledet til en beregning av antall fjellskred i et visst området over en definert tidsperiode (100, 1000 og 10 000 år). De er flere problemer med slike beregninger i Troms fylke:

1. På fylkesbasis er det langt fra nok seismiske data for å gjøre en slik beregning av antall fjellskred i fjordene .
2. De dataene som finns viser at det er et veldig begrenset antall fjellskredavsetninger i fjordene. Dette tyder på at det meste av fjellskredavsetningene er avsatt på land eller at de ustabile fjellssidene har ikke rast ut ennå.
3. Slike beregninger sier ingenting om de ustabile fjellpartiene som finnes, og de geologiske prosessene som påvirker dem.

Med dette som bakgrunn har vi forsøkt å gjøre en annerledes beregning av sannsynlighet for fjellskred i Troms. Her tar vi utgangspunkt i feltobservasjonene, og bruker en kombinasjon av:

1. Bevis for bevegelse fra GPS, LIDAR og InSAR.

2. En kvalitativ vurdering av utvikling av strukturer gunstig for utglidning. Dette er basert på en metode utviklet av Henderson & Saintot (2010), og vises i Tabell 13.

I den metoden vi benytter her betegner vi sannsynlighet for utglidning som en kombinasjon av observert bevegelse og gunstighet for utglidning fra de observerte sprekker slik:

$$SANNSYNLIGHET = bevegelse \times strukturutvikling$$

Vi rangerer både bevegelse og strukturutvikling i fem trinn fra 0-4 der 0 er lavest og 4 er høyest, som vist i Tabell 12. Graden av strukturutvikling er basert på metoden etablert for Storfjorden i Møre og Romsdal av Henderson & Saintot (2010). Dette gir et tall for sannsynlighet basert på en kombinasjon av feltinstrumentasjon og feltobservasjoner. For eksempel, en lokalitet som har høyest observert bevegelse og høyest grad av strukturutvikling gis et tall for sannsynlighet på 4.

LOKALITET	UTM Ø	UTM N	SIDOVEIS STRUKTUR	BAKSPREKK	GLUDEPLAN	GOUGE	GUNSTIGE SMÅSKALE STRUKTURER	SYNLIG ÅKTYLLET	GRS AKTIVITET	TOTAL	NORMALISERT
Nordnesfjellet	477193	7716595	1	1	1	1	1	2	2	9	4,0
Indre Nordnes	476519	7713942	1	1	1	1	1	2	2	9	4,0
Revdalsfjellet 1	474739	7707018	1	1	1	1	1	2	2	9	4,0
Dusnjarga	535731	7769766	0	1	0	0	1	2	2	6	2,7
Gamanjunn 1	483956	7796081	1	1	1	0	1	2	2	8	3,6
Laksvanfjellet	437303	7696022	1	1	1	0	1	2	0	6	2,7
Hompn	464057	7669709	1	1	1	0	1	2	0	6	2,7
Kålfjord Ser	495458	7705377	1	1	0	0	1	2	2	7	3,1
Falsnesfjellet	467041	7694807	1	1	1	0	1	1	0	5	2,2
Skjelltinden	296793	7633739	0	1	0	0	0	2	1	4	1,8
Litledalen	493818	7713475	1	1	1	0	1	1	0	5	2,2
Gavtavari	484807	7720563	1	1	1	0	1	2	0	6	2,7
PiggundC	445100	7702500	1	1	0	0	1	1	0	4	1,8
Ruovddasvarri	496750	7709519	1	1	1	0	1	2	1	7	3,1
Kråketinden	498244	7708104	1	1	1	0	1	2	1	7	3,1
Dorrisdalen	513459	7724565	1	1	1	0	1	1	0	5	2,2
Flatsteinfjellet 1	449192	7708252	1	1	1	0	1	2	0	6	2,7
Storsteinen	422018	7776287	1	1	1	1	1	1	0	6	2,7
Kålfjord Midten	495216	7705672	1	1	1	0	1	1	0	5	2,2
Nomedalsfjenden	488000	7716900	1	1	1	0	1	0	0	4	1,8
PiggundA	442779	7698190	1	1	0	0	1	0	0	3	1,3
PiggundB	444462	7700649	1	1	0	0	1	0	0	3	1,3
Gilavari	482500	7723500	0	1	0	0	1	0	0	2	0,9
Stakvarri	482747	7731685	1	1	0	0	1	1	0	4	1,8
Rajajäka	513215	7721308	1	1	1	0	1	2	0	6	2,7
Kålfjord Nord	492879	7707969	1	1	1	0	1	0	0	4	1,8
Brosnebakktuva	447989	7733187	0	1	0	0	1	0	0	2	0,9
Ragnhildurtind	449709	7742364	0	1	0	0	1	1	1	4	1,8
Reinfjellet	298206	7622639	0	1	0	0	0	1	0	2	0,9
Skredan	420675	7721390	1	1	0	0	1	0	0	3	1,3
Pollfjellet	466537	7706088	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
Svarthammer	447867	7740720	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
Skarveknusen	452017	7708830	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
Paras	466453	7666773	0	1	0	0	1	1	0	3	1,3
Olmnavari	484000	7699600	1	1	0	0	0	0	0	2	0,9
Mellomfjellet 1	512891	7726070	1	1	1	0	1	2	0	6	2,7
Mellomfjellet 2	513052	7726920	1	1	0	0	1	2	0	5	2,2
Gamanjunn 2	483392	7707497	0	1	1	0	1	1	0	4	1,8
Gamanjunn 3	483190	7707971	1	1	1	0	1	1	0	5	2,2
Revdalsfjellet 2	474798	7707302	1	1	1	1	1	2	0	7	3,1
Revdalsfjellet 3	474899	7707538	1	1	0	0	0	0	0	2	0,9
Revdalsfjellet 4	474939	7707714	1	1	0	0	0	0	0	2	0,9
Revdalsfjellet 5	475042	7708070	1	0	0	0	0	0	0	1	0,4
Hengfjellet	475147	7708347	1	1	1	1	1	1	0	6	2,7
Doronelva	481391	7724390	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
Nordmannviktinden	481467	7727958	0	1	0	0	1	1	0	3	1,3
Brustraum	484158	7709972	0	1	0	0	1	0	0	2	0,9

Tabell 13: Strukturrangering av alle befarte lokaliteter i Troms fylke. Lokalitetene er rangert basert på metoden i Henderson & Saintot (2010). Dette gir et tall for strukturutvikling som er normalisert til 4.

Konsekvensene er litt lettere å handtere enn sannsynlighet. Vi betegner også konsekvensene i fem trinn som vist på Tabell 12:

- 0 = Ingen konsekvenser
- 1 = Lite konsekvenser
- 2 = Mulig skade på infrastruktur. Ingen tap av liv
- 3 = store infrastrukturenskader og tap av liv
- 4 = store infrastrukturenskader og tap av mange liv.

Siden vi har klassifisert risiko som et produkt av sannsynlighet og konsekvens er det nå mulig å sette et tall på risiko. Dette gjør vi også i Tabell 12 hvor risikonivået er delt i fem klasser.

0=Ingen Risiko

0-1=Liten risiko

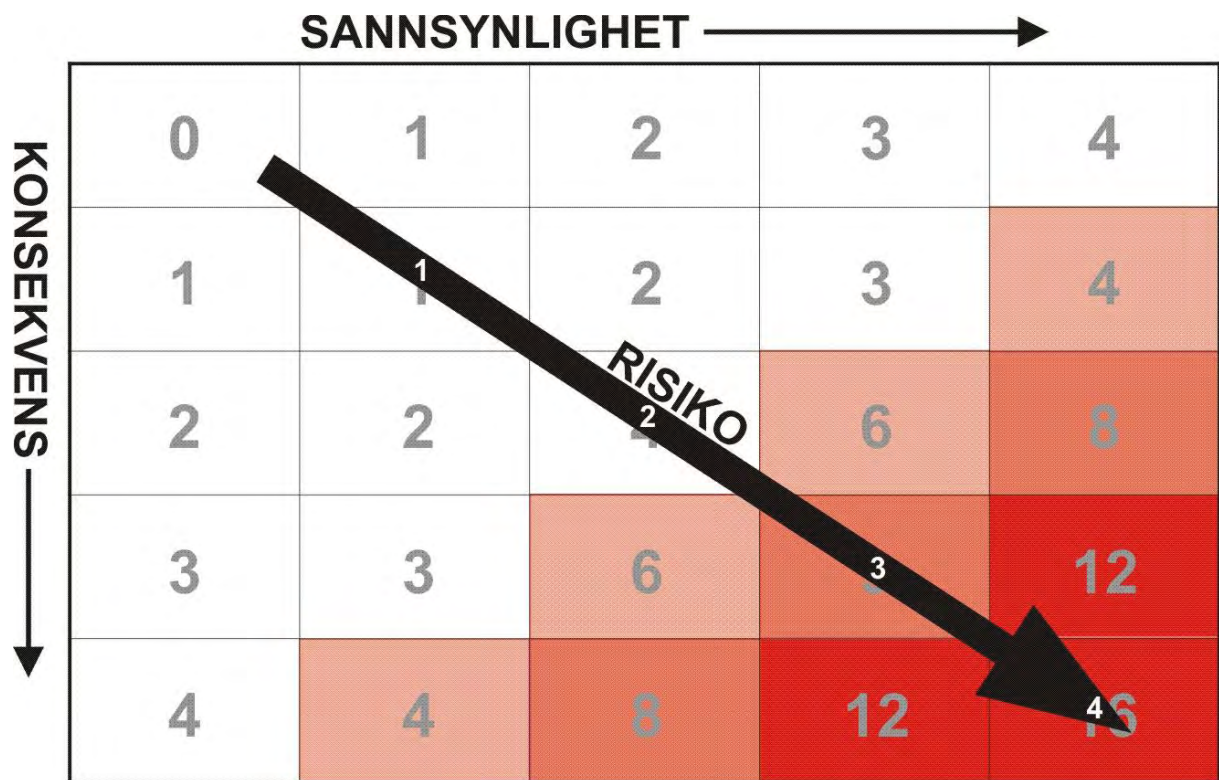
1-2=Moderat

2-3=Høy

3-4=Svært Høy

Denne klassifiseringen kan best fremstilles som en matrise (Figur 75), hvor risiko er sett som et produkt av sannsynlighet og konsekvens. Matrisen viser at noen lokaliteter kan ha høy bevegelse og gunstige strukturer for utglidning, og dermed høy sannsynlighet, men samtidig ha veldig lave konsekvenser. Slike loklitter har lav risiko. Vi kan også ha lokaliteter som har veldig lite bevis for bevegelse, og ugunstige strukturer for utglidning, og dermed veldig lav sannsynlighet, men samtidig veldig høye konsekvenser hvis det skulle skje et skred. Slike loklitter har tross alt lav risiko. En kombinasjon av moderat til høy sannsynlighet og moderat til høy konsekvens gir lokaliteter med høy risiko (områdene betegnet i rosa og rødt på Figur 75).

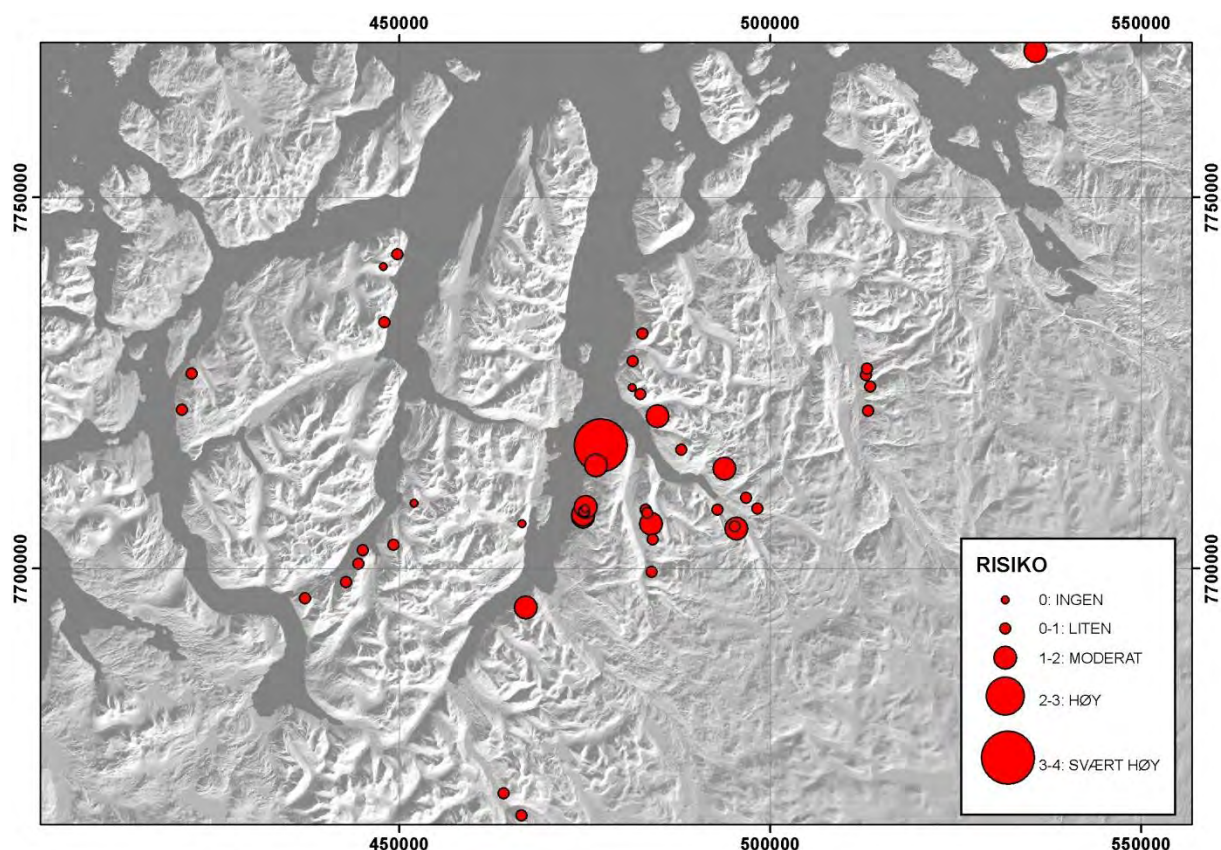
Med denne nye metoden kan vi gå langt med hensyn til å rangerer de forskjellige lokalitetene i Troms, og si noe konkret om deres risikovurdering for samfunnet.



Figur 75: Risikomatrix utviklet fra informasjonen i Tabell 12. Sannsynlighet og konsekvens beregnes for hver lokalitet. Produktet av sannsynlighet og konsekvens gir risiko.

LOKALITET	UTM Ø	UTM N	BEVEGELSE	STRUKTUR	SANNSYNLIGHET	KONSEKVENSI(logantallpersoner)	RISIKO
Nordnesfjellet	477193	7716595	4	4.0	4.0	4.0	4.0
Indre Nordnes	476519	7713942	2	4.0	2.0	4.0	2.0
Revdalsfjellet 1	474739	7707018	2	4.0	2.0	4.0	2.0
Dusnjarga	535731	7769766	3	2.7	2.0	4.0	2.0
Gamanjurni 1	483956	7706081	2	3.6	1.8	3.0	1.3
Laksvatnfjellet	437303	7696022	2	2.7	1.3	3.0	1.0
Hømpen	464057	7669709	2	2.7	1.3	3.0	1.0
Kåfjord Sør	495458	7705377	2	3.1	1.6	3.0	1.2
Falsnesfjellet	467041	7694807	2	2.2	1.1	4.0	1.1
Skjelltinden	296793	7633739	2	1.8	0.9	4.0	0.9
Litledalen	493818	7713475	2	2.2	1.1	4.0	1.1
Gavtavarri	484807	7720563	2	2.7	1.3	4.0	1.3
PiggvindC	445100	7702500	2	1.8	0.9	4.0	0.9
Ruovddasvarri	496750	7709519	2	3.1	1.6	2.0	0.8
Kråketinden	498244	7708104	2	3.1	1.6	2.0	0.8
Dorriisdalen	513459	7724565	2	2.2	1.1	2.0	0.6
Flatsteinfjellet 1	449192	7703252	2	2.7	1.3	2.0	0.7
Storsteinen	422018	7726287	1	2.7	0.7	4.0	0.7
Kåfjord Midten	495216	7705672	1	2.2	0.6	3.0	0.4
Nomedalstinden	488000	7716000	2	1.8	0.9	4.0	0.9
PiggvindA	442779	7698190	2	1.3	0.7	2.0	0.3
PiggvindB	444462	7700649	2	1.3	0.7	2.0	0.3
Gillavarri	482500	7723500	2	0.9	0.4	4.0	0.4
Stalugarri	482747	7731685	1	1.8	0.4	4.0	0.4
Rajajakka	513215	7721308	2	2.7	1.3	1.0	0.3
Kåfjord Nord	492879	7707969	1	1.8	0.4	3.0	0.3
Brosmebakktuva	447989	7733187	1	0.9	0.2	4.0	0.2
Ragnhildurtind	449709	7742364	1	1.8	0.4	4.0	0.4
Reinfjellet	298206	7622639	1	0.9	0.2	2.0	0.1
Skredan	420675	7721390	2	1.3	0.7	1.0	0.2
Pølfjellet	466537	7706088	0	0.0	0.0	4.0	0.0
Svarthammer	447867	7740720	0	0.0	0.0	1.0	0.0
Skarveknausen	452017	7708830	1	0.0	0.0	1.0	0.0
Paras	466453	7666773	2	1.3	0.7	3.0	0.5
Olmavarri	484000	7699600	2	0.9	0.4	3.0	0.3
Mellomfjellet 1	512891	7726070	2	2.7	1.4	2.0	0.7
Mellomfjellet 2	513052	7726920	2	2.2	1.1	2.0	0.6
Gamanjurni 2	483392	7707497	2	1.8	0.9	2.0	0.5
Gamanjurni 3	483190	7707971	2	2.2	1.1	2.0	0.6
Revdalsfjellet 2	474798	7707302	2	3.1	1.6	4.0	1.6
Revdalsfjellet 3	474899	7707538	1	0.9	0.2	4.0	0.2
Revdalsfjellet 4	474939	7707714	1	0.9	0.2	4.0	0.2
Revdalsfjellet 5	475042	7708070	0	0.4	0.0	4.0	0.0
Hengfjellet	475147	7708347	2	2.7	1.4	4.0	1.4
Doronelva	481391	7724390	2	0.0	0.0	4.0	0.0
Nordmannviktinden	481467	7727958	2	1.3	0.7	4.0	0.7
Brustraum	484158	7703972	1	0.9	0.2	1.0	0.1
GJENNOMSNIITT AV LOKALITETER SOM ALLEREDE ER UNDERSØKT							0.7

Tabell 14: Risikoklassifisering for alle lokaliteter som hittil er undersøkt. Risiko klassifiseringen er basert på bevegelse, strukturutvikling og mulige konsekvenser.



Figur 76: Risikoanalyse for som viser data for nordøst Troms basert på informasjon presentert i Tabell 14. Dette viser at alle høy- og moderat risiko lokaliteter, bortsett fra Dusnjarga i Kvænangen, er lokalisert på østsiden av Storfjorden og i Kåfjord.

Tabell 14 viser en risikovurdering for de 47 lokalitetene som er undersøkt i Troms fylke (lokalitetene i sørvest Troms er ikke vist på kartet siden det er kun tre lokaliteter og alle er lav risiko). Samtlige lokaliteter ble klassifisert med hensyn til bevegelse, utvikling av strukturer som er gunstig for utglidning og konsekvenser. Slik er det mulig å gi en kvantitativ risikovurdering for hver lokalitet. Tabell 14 viser at Nordnesfjellet er den eneste lokalitet i hele fylket som er vurdert med *'svært høy risiko'*. Her er det påvist relativt rask bevegelse, dokumentert strukturer som er gunstig for utglidning og store potensielle konsekvenser. Det er ingen lokaliteter som er gitt *'høy risiko'*. Flere lokaliteter er betegnet med *'moderate risiko'*. Disse er Indre Nordnes, Revdalsfjellet 1, Revdalsfjellet 2, Hengfjellet og Dusnjarga. Flere lokaliteter er betegnet med lav risiko. Av de 47 lokalitetene som er studert hittil betegner vi 40% (19 lokaliteter) med ingen risiko. En vurdering av gjennomsnittet for risiko for alle hittil studerte lokaliteter viser at snittet ligger på ca. 0.8 dvs. *'Ingen'* til *'Liten Risiko'*. Risiko for de ulike lokalitetene vises grafisk på Figur 76. Det er flere viktige observasjoner å få frem fra dette kartbildet. Det første er at de fleste av lokalitetene er klassifisert som ingen til liten risiko og at det er få høy- og moderatrisikosobjekter. Det andre er at høy- og moderatrisikosobjektene er konsentrert på øst siden av Storfjorden og Kåfjord. Bare Dusnjarga ligger utenfor dette området i Kvænangen. Nordnesfjellet er det objektet med desidert høyest risiko (risikoklasse 4).

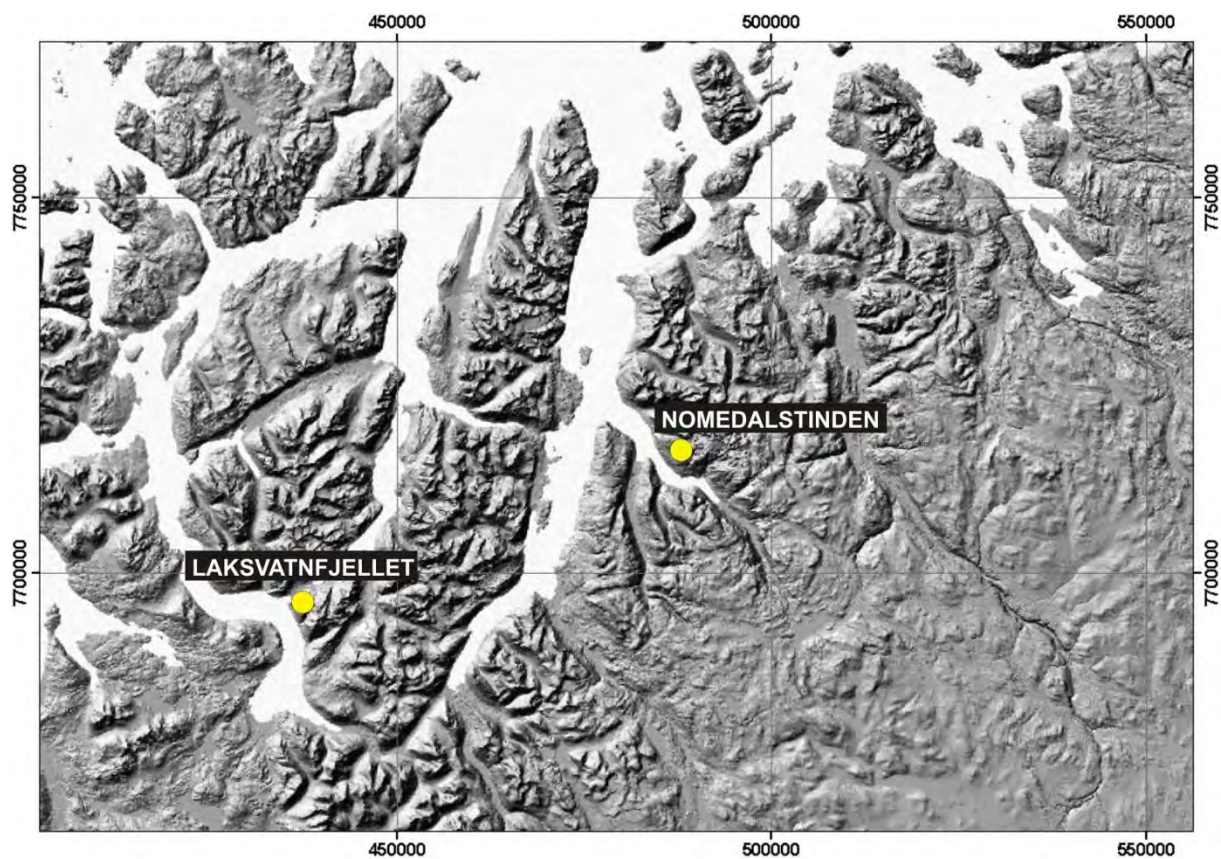
4. SAMARBEID MED UNIVERSITETET I TROMSØ

NGU har inngått et samarbeid med Universitetet i Tromsø (UiT) for å gjennomføre kartlegging av noen lokaliteter. Det er her gitt Mastergradsoppgaver med Steffen Bergh, Professor i Strukturgeologi ved UiT, som veiledere. I 2008 ble det plukket ut flere lokaliteter for nærmere undersøkelse i 2009. To studenter (Emil Husby og Elisabeth Rasmussen) ble plukket ut som gode Mastergradskandidater. Lokalitetene Nomedalstinden (Emil Husby) og Laksvatnfjellet (Elisabeth Rasmussen) ble identifisert som målområder og kartlegging ble påbegynt i 2009 (Figur 77). Studentene ble ansatt som feltassistent i løpet av feltsesongen og en uke ble brukt på hver lokalitet hvor hver student var 'assistent' til den andre ut fra sikkerhetsgrunner.

Det er flere grunner til at de to lokalitetene ble valgt som førsteprioritet for detaljerte undersøkelser av studenter.

1. Begge lokaliteter viser "lærebokstrukturer". Forståelse med hensyn til utløsmekanismer her kan bidra til å tolke andre lokaliteter.
2. De to lokalitetene er såpass ulike og viser forskjellige stadier i fjellskredutviklingsprosessen at to samkjørte studier på disse lokalitetene kommer å forrike vårt kunnskap om fjellskredprosesser og fjellskredutvikling.
3. Konsekvensene er ulikt på de to lokalitetene. Konsekvensene på Nomedalstinden er lav, mens den er høy på Laksvatnfjellet.
4. Det er ikke mulig å sette ut GPS-punkter på noen lokaliteter siden grunnfjellet er for løs. Det er derfor nødvendig med en så detaljert kartlegging som mulig,
5. Strukturene og utløsmekanismene er såpass komplekse på begge lokaliteter at vår kunnskap om fjellskred blir forbedret av begge studier.

Studentene fikk en grundig innføring i de viktigste kartleggingsmetodene og fikk gjennomført rekognosering av lokalitetene i 2009. Hovedkartleggingssesong er lagt til 2010. Mastergradene skal sammenstilles i løpet av 2011.



Figur 77: Lokalteter utvalgt av NGU som Mastergradlokaliteter. Detaljert kartlegging av lokalitetene ble påbegynt i 2009. Kartlegging gjennomføres ferdig i 2010 og Mastergradoppgavene ferdigstilles i løpet av 2011.

Ved trykking av denne rapporten er det ikke avklart om det blir en tredje mastergradoppgave på lokaliteten Hompen i Signaldalen. Dette blir avklart i løpet av våren 2010.

5. PLANER FOR 2010

Feltarbeidet sommeren 2010 skal finne sted i løpet av en to ukers periode, med base i Manddalen. Fra NGU blir det Halvor Bunkholt (prosjektleder), Per Terje Osmundsen, Tim Redfield, Reginald Hermanns og Thierry Oppikofer (LIDAR) som skal utføre arbeidet. Fra UiO kommer Trond Eiken for å gjøre GPS-målinger. Tom Rune Lauknes og Yngvar Larsen fra NORUT skal delta i flere dager i forbindelse med arbeid knyttet til InSAR metodikken. Fra UiT blir det tre deltakere: Steffen Bergh (professor i strukturgeologi) og tre masterstudenter.

Vi har til nå studert 47 lokaliteter, hvorav ca 30 er med integrert InSAR analyse. Det blir en del oppfølging på eksisterende lokaliteter med GPS (ca 15 lokaliteter) og mer detaljerte feltundersøkelser (ca 5 lokaliteter). LIDAR-skanning skal gjøres på 4 eksisterende lokaliteter. I tillegg har vi ca. 15 lokaliteter som er identifiserte, men ikke befart ennå. Forhåpentligvis blir 10 av disse lokalitetene undersøkt i felt.

På ca 10 av de nye lokalitetene som ble undersøkt i 2009 skal de settes ut nye GPS punkter. Nøyaktig posisjon for disse punktene bestemmes i løpet av feltsesongen. Vi skal i 2010 også fortsette arbeidet med å samle dateringsprøver fra noen få utvalgte lokaliteter. Etter avslutning av feltarbeidet skal statusrapportering fra 2010-aktivitetene finne sted i løpet av oktober 2010 og full rapportering vil skje i løpet av mars 2011. I løpet av året og tidlig 2011 skal vi forsøke å publisere 2-3 vitenskapelige artikler på et høyt internasjonalt nivå.

6. KONKLUSJONER

- I 2009 har NGU sammen med Universitetet i Oslo målt inn GPS-punktene på 12 av de eksisterende 17 lokalitetene som ble etablert mellom 2003-2008 (Nordnes, Indre Nordnes, Revdalsfjellet 1, Kåfjord Nord, Kåfjord Midtre, Kåfjord Sør, Ruovddasvarri, Kråketinden, Gavgavarri, Hompen, Dusnjarga og Dorrisdalen). Det var kun Ragnhildsurtind, Brosmebakktuva, Skjelltinden, Reinfjellet og Gamanjunni 1 som ikke ble målt inn i 2009, siden disse lokalitetene viste lite tegn til bevegelse de foregående årene. De bør vurderes om noen av disse lokalitetene skal måles inn i 2010.
- Av de eksisterende GPS-lokalitetene viser kun Nordnesfjellet, Indre Nordnes, Revdalsfjellet og Hompen utvetydig bevegelse. Kåfjord Sør viser variasjon i bevegelse og retning fra år til år slik at dataene hittil ikke er pålitelige. Det er tegn til en mulig deselerasjon på bevegelse på Nordnesfjellet.
- Av de 4 lokaliteter etablert med GPS-punkter i 2007 (Dusnjarga, Ruovddasvarri, Kråketinden og Gamanjunni 1) ble alle målt inn igjen i 2009 unntatt Gamanjunni 1. Av disse tre lokalitetene kan det ikke utelukkes bevegelse på noen av dem før det er samlet mer data.
- Vi har fått de første måleseriene fra de lokalitetene som ble målt inn for første gang i 2008. Disse er Gavgavarri, Dorrisdalen, Hompen. Det er tegn til bevegelse på både Dorrisdalen og Gavgavarri men entydig bevegelse på Hompen.
- 12 nye lokaliteter er befart i 2009. Disse er: Revdalsfjellet 2-5, Hengfjellet, Doronelva, Nordmannviktinden, Gamanjunni 2-3, Brustraum og Mellomfjellet 1-2. De 12 nye lokalitetene er valgt ut ifra NGUs database om lokalitetene kombinert med nye InSAR-data.
- Av de 12 nye lokalitetene er det satt ut GPS-punkter på 2. Disse er Hengfjellet og Revdalsfjellet 2, begge i Storfjorden. Vi forventer de første resultatene på Hengfjellet i 2010, men resultatene for Revdalsfjellet 2 foreligger ikke før 2011 siden det kun ble tid til å bore ankrene, men ikke å sette opp antennene til GPS her.
- I løpet av feltsongen 2009 er 6 lokaliteter skannet med LIDAR. To av disse er Nordnesfjellet og Revdalsfjellet som er blitt skannet tre ganger fra 2007, 2008 og 2009.
- På Nordnesfjellet og Revdalsfjellet er det fullført LIDAR-skanning med det formål å lage detaljerte 3D-modeller av ustabile fjellpartier slik at sammenligning kan avsløre eventuelle bevegelser i dette tidsrommet. Målingene gjort på Nordnesfjellet bekrefter de tidligere resultater av opp til 6cm bevegelse i den NV del av blokken, men identifisere også bevegelse i den SV del av blokken.
- I tillegg til Nordnesfjellet, er 5 andre lokaliteter LIDAR-skannet i 2009. Disse er Revdalsfjellet 1, Kåfjord Sør, Indre Nordnes, Gavgavarri og Laksvatnfjellet. Resultatene for 2009 fra Revdalsfjellet bekrefter de tidligere resultatene som viser at

det ikke er bevegelse her. Indre Nordnes ble målt for første gang, og en ny måling i 2010 kan muligens avdekke bevegelse. Gavgavari ble målt for første gang. Det var andre året med målinger på Laksvatnfjellet for å bli ferdig med målingen av hele den ustabile blokken, slik at dataene kan brukes i en Mastergradoppgave.

- Kontinuerlig evaluering av InSAR-metoden viser at det fortsatt er meget godt samsvar mellom bevegelsene oppdaget med InSAR og strukturene kartlagt i felt. Av de nye lokalitetene er det kun Brustraum, Doronelva og Nordmannvikdalen hvor det er antydning til at InSAR dokumenterer overflatebevegelse istedenfor blokkbevegelse. Denne erfaringen bekrefter at bruk av InSAR sammen med tradisjonelle kartleggingsmetoder har et stort potensial ved kartlegging av skredfarlige områder.
- InSAR-data viser at flere av områdene som er i bevegelse ligger i fjellsider langs fjordene, særlig på østsiden av Kåfjord. Det vil derfor være viktig å følge opp disse de nærmeste årene.
- Vi har lagt frem en foreløpig risikovurdering for store fjellskred i hele Troms fylke. Dette er et forsøk for første gang både nasjonalt og internasjonalt og fastsette en metode for fjellskredrisikovurdering på en regionalbasis. Dette er basert på en sannsynlighetsvurdering som er grunnet i det som er observert på fjellsiden og mulig konsekvenser. Resultatene viser at de høy- og moderatrisikoobjekter ligger enten på østsiden av Storfjorden eller i Kåfjord. Nordnesfjellet er betegnet som den høyest risiko objekt. Det må understrekes at denne vurderingen er foreløpig og en internasjonal workshop, som holdes på NGU i Trondheim i Juni 2010, kan finne frem til en mer omfattende metode.
- Detaljert kartlegging ble påbegynt på to lokaliteter i forbindelse med Mastergradsoppgaver til Emil Husby og Elisabeth Rasmussen fra UiT. Disse er Nomedalstinden og Laksvatnfjellet. Hovedfeltseasonen lages til august 2010 og mastergradene regnes ferdig i løpet av 2011.

7. REFERANSELISTE

Blikra, L.H., Henderson, I.H.C. & Nordvik, T. 2009. Faren for fjellskred fra Nordnesfjellet i Lyngenfjorden, Troms. *NGU Rapport 2009.026* 29s.

Carrea, D., Derron, M.H., Jaboyedoff, M., Lévy, S., Michoud, C. & Oppikofer, T. 2010. Analysis of ground-based LIDAR data from Troms County (Norway). *Institute of Geomatics and Risk Analysis Report*. 53s.

Eiken, T. 2007. Rapport om Deformasjonsmålinger i Troms 2003-2007. *Rapport fra UiO*, 40s.

Eiken, T. 2009. Rapport om Deformasjonsmålinger i Troms 2003-2008. *Rapport fra UiO*, 41s.

Henderson, I.H.C., Saintot, A., Venvik-Ganerød, G. & Blikra, L.H. 2007. Fjellskredkartlegging i Troms. *NGU Rapport 2007.041* 108s.

Henderson, I.H.C., Osmundsen, P.T. & Redfield, T.F. (2009) ROS Fjellskred i Troms: Status og planer. *NGU Rapport 2009.023*, 66s.

Henderson, I.H.C. & Saintot, A. (2010) Regional spatial variations in rockslide distribution from structural geology ranking: an example from Storfjorden, western Norway. *Slope Tectonics, Special Publication of the Geological Society of London*, (in press).

Henderson, I.H.C., Lauknes T.R., Osmundsen P.T., Dehls J., Larsen Y. & Redfield, T.R. 2009. A structural, geomorphological and InSAR study of an active rockslope failure development. Geological Society of London (*in review*).

Osmundsen, P.T., Henderson, I.H.C., Lauknes, T. R., Larsen, Y., Redfield, T.F. & Dehls, J. 2008. Tectonic controls on topography and mass-wasting processes in northern Norway. *Geology* 37, p. 135-138.